

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 99P1082P	WEITERES VORGEHEN	siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5
Internationales Aktenzeichen PCT/EP 00/ 00317	Internationales Anmelde datum (Tag/Monat/Jahr) 17/01/2000	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 21/01/1999

Anmelder

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 2 Blätter.

Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

a. Hinsichtlich der Sprache ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

in der internationalen Anmeldung in Schriftlicher Form enthalten ist.

zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung

wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

Best Available Copy

5. Hinsichtlich der Zusammenfassung

wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der Zeichnungen ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 1

wie vom Anmelder vorgeschlagen

weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

keine der Abb.

Best Available Copy

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/00317

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G06F9/46

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G06F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EVANS D J ET AL: "DYNAMIC LOAD BALANCING USING TASK-TRANSFER PROBABILITIES" PARALLEL COMPUTING, Bd. 19, Nr. 8, 1. August 1993 (1993-08-01), Seiten 897-916, XP000385007 Seite 900, Absatz 3.1 -Seite 902 Seite 902, Absatz 3.2 -Seite 903 ----	1,25
A	EP 0 715 257 A (BULL SA) 5. Juni 1996 (1996-06-05) das ganze Dokument -----	1,25



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"*&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

26. Mai 2000

05/06/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5816 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Michel, T

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

nationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/00317

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0715257	A	05-06-1996	FR 2727540 A 31-05-1996
			WO 9617297 A 06-06-1996
			JP 10507024 T 07-07-1998
			US 5993038 A 30-11-1999

Best Available Copy

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM
GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

REC'D 02 MAY 2001

WIPO

PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

T 5

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 1999P01082WO	WEITERES VORGEHEN	siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)
Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/00317	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 17/01/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 21/01/1999

Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK
G06F9/46

Anmelder

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 6 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
 - Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 25 Blätter.
3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:
 - I Grundlage des Berichts
 - II Priorität
 - III Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erforderliche Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
 - IV Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
 - V Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erforderlichen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
 - VI Bestimmte angeführte Unterlagen
 - VII Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
 - VIII Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 21/08/2000	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 30.04.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde: Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter Schneider, M Tel. Nr. +49 89 2399 7509



INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/00317

I. Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigefügt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):
Beschreibung, Seiten:

1-18 eingegangen am 28/02/2001 mit Schreiben vom 26/02/2001

Patentansprüche, Nr.:

1-26 eingegangen am 28/02/2001 mit Schreiben vom 26/02/2001

Zeichnungen, Blätter:

1/3-3/3 ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/00317

Beschreibung, Seiten:
 Ansprüche, Nr.:
 Zeichnungen, Blatt:

5. Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).
siehe Beiblatt

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche 1-26
	Nein: Ansprüche
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche 1-26
	Nein: Ansprüche
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche 1-26
	Nein: Ansprüche

2. Unterlagen und Erklärungen **siehe Beiblatt**

VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:
siehe Beiblatt

VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:
siehe Beiblatt

Zu Punkt I

Grundlage des Berichts

Die nachfolgend aufgeführten Änderungen bringen Sachverhalte ein, die im Widerspruch zu Artikel 34 (2) b) PCT über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgehen:

Das Merkmal des ursprünglich eingereichten Anspruchs 19 und Beschreibung S. 6, Z. 19, dass, falls MPis, der höchsten Last entspricht, gilt: $q_i(\text{neu})=q_{c1}$, wurde in dem entsprechenden geänderten Anspruch 17 und Beschreibung S. 6, Z. 18 ersetzt durch $q_i(\text{neu})=c_{q1}$.

Für diese Ersetzung gibt es in der ursprünglichen Anmeldung keine Grundlage. Aus S. 7, Zeile 25 und S. 15, Zeilen 19 und 30-31 der ursprünglichen Beschreibung in Verbindung mit dem ursprünglichen Anspruch 19 wird klar, dass q_{c1} und c_{q1} unterschiedliche Konstante mit verschiedenen vorgeschlagenen Werten sind.

Deshalb wird der Bericht erstellt, als seien die Änderungen nicht gemacht worden.

Zu Punkt V

Begründete Feststellung nach Art. 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

Wegen der unter Punkt VIII angeführten Unklarheit werden die folgenden Aussagen getroffen unter dem Vorbehalt einer Interpretation der Ansprüche gemäß den entsprechenden Bemerkungen unter Punkt VIII.

Es wird auf das folgende Dokument verwiesen:

D1: EP 0645702

D1 wurde in der Anmeldung angegeben. Eine Kopie des Dokuments liegt bei.

1. Der Gegenstand des Anspruchs 1 ist neu und erfinderisch im Sinne von Artikel 33(2) und 33(3) PCT.

D1 offenbart (vgl. insb. S. 6, Zeile 29-S. 9, Zeile 5, Zeichnungen 3 und 4) unter Andersbezeichnung der aktuellen Last als "a" und der angebotenen Last als "tatsächlich am Prozessor anliegende Last a' " alle wesentlichen Merkmale des Anspruchs 1, mit den folgenden Ausnahmen:

- Die in Anspruch 1 genannte Verwendung eines verteilbaren Anteils V zur Abschätzung der angebotenen Last wird in D1 zur Abschätzung der entsprechenden anliegenden Last nicht explizit erwähnt. Dieses Merkmal wäre aber wegen D1, S. 3, Zeilen 26-32, S. 7, Zeilen 55-58 nahe liegend und scheint in der Formel auf D1, S. 7, Zeile 14 durch den Faktor "d" angedeutet zu sein.
- Gemäß D1 verteilt jeder Prozessor seine verteilbare Last an andere Prozessoren, wenn eine eigenständige Lastbalanzierungsflagge LBF gesetzt ist (siehe D1, S. 9, Zeilen 2-5), während gemäß Anspruch 1 die Verteilung geschieht, wenn die Verteilquote q_i einen vorgegebenen Wert q_v überschreitet. Diese Veränderung des Stands der Technik wird durch die im Recherchenbericht angegebenen Dokumente oder D1 selbst weder aufgezeigt noch nahegelegt.

Das Verfahren in Anspruch 1 erlaubt bei entsprechend gewähltem Wert q_v für jeden Prozessor bereits bei niedriger Belastung einen sanften Einstieg in die Lastverteilung. Beim Verfahren von D1 wird für jeden Prozessor bei überschreiten einer gewissen Überlastung schlagartig von keiner Verteilung auf möglichst hohe Verteilung umgestellt, was zu Lastschwingungen führen kann.

2. Der Gegenstand der von Anspruch 1 abhängigen Ansprüche und des unabhängigen Anspruchs 25 in Kombination mit den Merkmalen des Anspruchs 26 ist neu und erfinderisch im Sinne von Artikel 33(2) und 33(3) PCT, da diese Ansprüche alle wesentlichen Merkmale des Anspruchs 1 beinhalten.

Zu Punkt VII

Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Die Beschreibung auf S. 3 steht nicht, wie in Regel 5.1-a)-iii)-PCT vorgeschrieben, in Einklang mit den Ansprüchen.

Zu Punkt VIII

Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Die Nummerierung der Ansprüche überspringt die Ziffer 5.

Der unabhängige Anspruch 25 enthält nicht, wie von Artikel 6 PCT in Verbindung mit Regel 6.3 b) PCT für unabhängige Ansprüche gefordert, alle für die Definition der Erfindung wesentlichen Merkmale:

Für das System von Anspruch 25 ist zusätzlich zu den dort bereits aufgeführten Merkmalen auch das Merkmal aus Anspruchs 26 wesentlich, um die Aufgabe der Erfindung zu erfüllen, da aus der Beschreibung keine dazu alternative Möglichkeit ersichtlich ist.

Beschreibung

Lastverteilungsverfahren eines Multiprozessorsystems und Multiprozessorsystem

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lastverteilung in einem Multiprozessorsystem, insbesondere in einem Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, bei dem anfallende Aufgaben von mehreren Prozessoren MP_i (mit $i=1,2,\dots,n$) unter Realzeitbedingungen abgearbeitet werden können und ein Multiprozessorsystem, insbesondere eines Kommunikationssystems, mit einem Lastverteilungsmechanismus.

Ein ähnliches Verfahren zur Lastverteilung in einem Multiprozessorsystem, insbesondere in einem Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, ist beispielsweise aus der Europäischen Patentanmeldung EP 0 645 702 A1 der Anmelderin bekannt. Diese Schrift offenbart ein Verfahren zum Lastenausgleich in einem Multiprozessorsystem, insbesondere ein Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, bei dem anfallende Aufgaben von mehreren Prozessoren unter Realzeitbedingungen abgearbeitet werden können, wobei zur Durchführung des Lastausgleiches allgemein die folgenden Verfahrensschritte genannt sind:

25 - jeder Prozessor ermittelt seinen Lastzustand in Form einer quantifizierten Größe,
- jedem Prozessor werden die Lastzustände der anderen Prozessoren innerhalb eines Zeitrasters mitgeteilt,
- jeder Prozessor gibt in Abhängigkeit vom Überschreiten 30 einer bestimmten Größe seines Lastzustandes und in Abhängigkeit von den Lastzuständen der übrigen Prozessoren zumindest einen Teil der bei ihm anfallenden Aufgaben an die übrigen Prozessoren ab, und

GEÄNDERTES BLATT

2

- die abgegebenen Aufgaben werden entsprechend den Lastzuständen der übrigen Prozessoren auf diese aufgeteilt.

Im Ausführungsbeispiel wird das Verfahren dahingehend konkretisiert, daß im Betrieb ständig und vor dem Einstieg in die Lastverteilung, die hier erst ab dem Erreichen einer bestimmten Überlast beginnt, Verteilungsquoten errechnet werden, nach denen die einzelnen Prozessoren im Fall der Überlast an andere Prozessoren ihre verteilbare Last abgeben.

10 Ist das System dauerhaft ungleichmäßig ausgelastet, so wird die Last erst bei Überlast eines oder mehrerer Prozessoren verteilt. Damit geht aber unnötige Lastabwehr einher. Die Reduktion der Überlastschwelle auf einen niedrigeren Wert führt zu keinem befriedigenden Ergebnis, weil dann unnötig viel Last verteilt wird und es zu Schwingungszuständen kommen kann. Diese Situation ergibt sich aus der dort getroffenen Annahme, daß die Überlast oder die ungleichmäßige Belastung von kurzer Dauer ist.

20 Des weiteren wird auf Evans D. J. et al, „Dynamic Load Balancing using Tasktransfer Probabilities“ in Parallel Computing, Bd. 19, Nr. 8, 1. August 1993, Seiten 897-916, hingewiesen, in der auch eine Lastverteilungsstrategie unter Berücksichtigung von Lastverteilungswahrscheinlichkeiten dargestellt wird, wobei jedoch ausschließlich aktuell gemessene Werte Berücksichtigung finden. Die zeitliche Entwicklung der betrachteten Parameter findet keine Beachtung.

25 Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Lastverteilungsverfahren für ein Multiprozessorsystem anzugeben, welches rechtzeitig und "weich" einsetzt und dadurch dauerhafte Schieflastzustände im Lastangebot ohne Lastabwehr bewältigt. Außerdem soll auch ein entsprechendes Multiprozessorsystem angegeben werden.

GEÄNDERTES BLATT

Die Aufgabe wird einerseits durch ein Verfahren mit den Verfahrensschritten des ersten Verfahrensanspruches und andererseits durch ein Multiprozessorsystem mit den Merkmalen des ersten Vorrichtungsanspruches gelöst.

5

Demgemäß schlagen die Erfinder ein Verfahren zur Lastverteilung in einem Multiprozessorsystem, insbesondere in einem Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, bei dem anfallende Aufgaben von mehreren Prozessoren MP_i (mit $i=1, 2, \dots, n$) unter Realzeitbedingungen abgearbeitet werden können, mit folgenden iterativen und sich in Zeitintervallen CI wiederholenden Verfahrensschritten vor:

- jeder Prozessor MP_i ermittelt seinen tatsächlichen Lastzustand Y_i und schätzt in Abhängigkeit von zuvor mitgeteilten Verteilungsquoten $q_i(\text{alt})$ (mit $q_i = \text{an andere Prozessoren } MP_k \text{ nach Möglichkeit zu verteilender Lastanteil}$) und dem typischerweise verteilbaren Anteil V einer typischen Aufgabe seine angebotene Last A_i , die zu einem mehrwertigen Lastindikationswert (Balancing Indicator) MP_{bi_i} führt,
- jeder Prozessor MP_i teilt seinen Lastindikationswert MP_{bi_i} den jeweils anderen Prozessoren MP_k (mit $k=1, 2, \dots, i-1, i+1, \dots, n$) mittelbar oder unmittelbar mit,
- jeder Prozessor MP_i bestimmt seine Lastverteilungsfaktoren p_{ij} (mit $j=1, 2, \dots, n$) in Abhängigkeit von den Lastindikationswerten MP_{bi_k} dieser anderen Prozessoren MP_k ,
- jeder Prozessor MP_i bestimmt seine Verteilungsquote $q_i(\text{neu})$ in Abhängigkeit von seinem tatsächlichen Lastzustand Y_i und den Lastverteilungsfaktoren p_{ij} ,
- jeder Prozessor MP_i verteilt anhand seiner Quote q_i und seiner Lastverteilungsfaktoren p_{ij} seine verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k , wenn seine

GEÄNDERTES BLATT

4

Verteilungsquote q_i (neu) einen vorgegebenen Wert q_v überschreitet.

Zur Abschätzung der angebotenen Last A_i eines Prozessors MP_i ist es vorteilhaft, die Formel $A_i := Y_i / (1 - q_i V)$ zu verwenden. A_i und Y_i können in der Einheit Erlang angegeben werden, während die Variablen q_i und V entsprechend ihrer Bedeutung dimensionslose Bruchteilangaben sind.

10 Vorteilhaft ist auch eine Unterteilung des mehrwertigen Lastindikationswertes (balancing indicator) $MPbi_i$ in drei diskrete Werte, wobei vorzugsweise die folgende Abgrenzung mit Schwellenwerten gilt: NORMAL für $MPbi_i$, wenn die Prozessorauslastung 0 bis 70% beträgt, HIGH für $MPbi_i$, wenn 15 die Prozessorauslastung 70% bis 85% beträgt, und OVERLOAD für $MPbi_i$, wenn die Prozessorauslastung über 85% beträgt.

Vorteilhaft ist es auch, wenn eine Hysterese bei Lastzustandswechsel aufgrund von Schwellenwertüberschreitung 20 oder Schwellenwertunterschreitung bei steigender oder fallender Prozessorauslastung eingeführt wird.

Außerdem kann es vorteilhaft sein, wenn der Lastindikationswert (balancing indicator) $MPbi_i$ bezüglich Änderungen einer zeitlichen Hysterese unterliegt und damit 25 eine gewisse Trägheit erfährt. Als Hysteresegrenze können vorteilhaft Werte von 1 bis 2 Zeitintervallen CI angenommen werden.

30 Weitere vorteilhafte Annahmen bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind: der typische verteilbare Anteil V einer typischen Aufgabe soll der durchschnittliche oder maximale Anteil sein und als typische Bearbeitungszeit

einer Aufgabe soll eine durchschnittliche oder maximale Bearbeitungszeit einer Aufgabe angenommen werden.

Vorteilhaft kann hierbei der jeweilige Durchschnittswert oder Maximalwert eines Anteils beziehungsweise einer Aufgabe auch

5 während der Betriebszeit ständig ermittelt und gegebenenfalls als gleitender Wert mitgeführt und aktualisiert in das Lastverteilungsverfahren übernommen werden. Günstig ist es hierbei, wenn die Zeitdauer, über die die gleitenden Werte ermittelt werden, groß gegenüber dem Kontrollintervall GI

10 ist.

Besonders vorteilhaft ist es auch, wenn für den vorgegebenen Wert q_v der Verteilungsquote q_i , ab dem der Prozessor MP_i verfügbare Last an andere Prozessoren MP_k verteilt, gilt:

15 $0,05 < q_v < 0,3$, vorzugsweise $0,1 < q_v < 0,25$, vorzugsweise $q_v = 0,2$.

Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren besonders vorteilhaft ausgestaltet werden, wenn bei der Berechnung der Verteilungsquote q_i die folgenden Kriterien erfüllt werden:

20 - $p_{ii} := 0$

- falls MP_{bi,j} einer mittlere Last entspricht, vorzugsweise MP_{bi,j}=NORMAL, gilt: $p_{ij}(\text{neu}) = p_{ij}(\text{alt}) + p_{c1}/n$, für $j=1, \dots, n$ und $i \neq j$

- falls MP_{bi,j} einer hohen Last entspricht, vorzugsweise MP_{bi,j}=HIGH gilt: $p_{ij}(\text{neu}) = p_{ij}(\text{alt}) - p_{c2}/n$, für $j=1, \dots, n$ und $i \neq j$

25 - falls MP_{bi,j} einer Überlast entspricht, vorzugsweise MP_{bi,j}=OVERLOAD, gilt: $p_{ij}(\text{neu}) = 0$

- wobei die p_{ij} ($j=1, \dots, n$) mit der Summe p_{sum} der p_{ij} auf 1 normiert wird und

30 - als Initialisierungswert beim Beginn der Verteilungsprozesse alle p_{ij} , ausgenommen p_{ii} , gleich sind.

Als vorteilhafte Zahlenwerte können für die Konstante p_{c1} $0,1 < p_{c1} < 0,5$, vorzugsweise $0,2 < p_{c1} < 0,3$ und vorzugsweise $p_{c1}=0,25$ angenommen werden. Ebenso ist es vorteilhaft für die Konstante p_{c2} $0,1 < p_{c2} < 0,5$, vorzugsweise $0,2 < p_{c2} < 0,3$, vorzugsweise $p_{c2}=0,25$ zu setzen. Auch kann der Initialisierungswert der p_{ij} beim Beginn der Verteilungsprozesse gleich $(n-1)^{-1}$ gesetzt werden.

10

Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren besonders vorteilhaft ausgestaltet werden, wenn jeder Prozessor MP_i anhand seiner tatsächlichen aktuellen Last Y_i einen mehrwertigen Laststatus (load state) MP_{ls_i} bestimmt und bei der Berechnung der Lastindikationswerte MP_{bi} die folgenden Kriterien erfüllt werden:

- falls MP_{ls_i} der höchsten Last entspricht, vorzugsweise $MP_{ls_i}=EXTREME$, gilt: $q_i(neu)=c_{q1}$,
- falls $p_{sum} \geq 1$ gilt:
- 20 - falls der tatsächliche Lastzustand Y_i größer als ein vorgegebener Wert $threshold_N$ ist, wird q_i vergrößert mit $q_i=\min\{q_i+c_{q1}, 1\}$,
- falls der tatsächliche Lastzustand Y_i kleiner als ein vorgegebener Wert $threshold_N$ ist, wird q_i verkleinert mit $q_i=\max\{q_i-c_{q2}, c_{q3}\}$, mit $0 < c_{q3} < c_{q1}$, vorzugsweise $c_{q3}=0,1$,
- 25 - andernfalls ($threshold_N \leq Y_i \leq threshold_H$) erhält q_i einen Zwischenwert zwischen den beiden oben genannten Alternativen, vorzugsweise durch lineare Interpolation
- falls $p_{sum} \leq 1$ gilt: $q_i(neu)=q_i(alt) * p_{sum}$.

30

Bezüglich des mehrwertigen Laststatus (load state) MP_{ls_i} wird als besonders bevorzugt die Annahme von vier diskreten Werten vorgeschlagen, wobei vorzugsweise angenommen wird: NORMAL für

MP_ls_i, wenn die Prozessorauslastung unter 70% liegt, HIGH für MP_ls_i, wenn die Prozessorauslastung 70% bis 85%, OVERLOAD für MP_ls_i, wenn die Prozessorauslastung über 85% liegt und EXTREME für MP_ls_i, wenn dauerhaft der Lastzustand OVERLOAD vorherrscht. Auch hier kann es vorteilhaft sein, wenn der Laststatus (load state) MP_ls_i bezüglich Änderungen einer Hysterese unterliegt. Als Hysteresegrenze können vorteilhaft Werte von 1 bis 2 Zeitintervallen CI angenommen werden.

10 Zur optimalen Ausgestaltung des Verfahrens sind für die Konstante c_{q1} die folgenden Zahlenbereiche und -werte bevorzugt: 0,05 < c_{q1} < 0,3, vorzugsweise 0,1 < c_{q1} < 0,2, vorzugsweise c_{q1} = 0,15. Außerdem kann für die Konstante c_{q2} vorzugsweise 0,05 < c_{q2} < 0,2, vorzugsweise c_{q2} = 0,10 angenommen werden.

Bezüglich der Konstanten threshold_N gilt als bevorzugter Wertebereich: 0,6 < threshold_N < 0,8, vorzugsweise threshold_N = 0,7.

20 Bezüglich der Konstanten threshold_H gilt als bevorzugter Wertebereich: 0,7 < threshold_H < 0,95, vorzugsweise threshold_H = 0,85.

25 Eine andere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, daß zusätzlich in jedem Zeitintervall CI ein Überlastwert OL_i der Prozessoren MP_i ermittelt wird, der ein Maß für die Größe der Überlast ist und als Maßstab zur Überlastabwehr dient, mit OL_i = 0,1, ..., m, wobei OL_i eine 30 Quantifizierung für die Überlast des Prozessors darstellt, und die Verteilungsquote q_i auf jeden Fall vergrößert wird, falls OL_i > 0 mit q_i(neu) := min{q_i(alt) + c_{q1}, 1}.

Erfindungsgemäß besteht auch die Möglichkeit, eine Adaption des Lastverteilungsverfahrens an sich ändernde Randbedingungen durchzuführen, indem die oben angegebenen Konstanten (q_v , p_{c1} , p_{c2} , q_{c1} , q_{c2} , $threshold_N$, $threshold_{N1}$, c_{q1} , c_{q2} , c_{q3}) im Betrieb zumindest teilweise angepaßt werden.

Erfindungsgemäß wird außerdem ein Multiprozessorsystem, insbesondere eines Kommunikationssystems, mit mehreren Prozessoren MP_i (mit $i=1,2,\dots,n$) zur Ausführung anfallender

10 Aufgaben unter Realzeitbedingungen, vorgeschlagen, wobei:

- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seinen tatsächlichen Lastzustand Y_i zu bestimmen, und in Abhängigkeit von zuvor mitgeteilten Verteilungsquoten $q_i(\text{alt})$ (mit $q_i=\text{an andere Prozessoren } MP_k \text{ nach}$

15 Möglichkeit zu verteilender Lastanteil) und dem typischerweise verteilbaren Anteil V einer typischen Aufgabe seine angebotene Last A_i zu schätzen, die zu einem mehrwertigen Lastindikationswert (Balancing Indicator) $MPbi_i$ führt,

20 - jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seinen Lastindikationswert $MPbi_i$ den jeweils anderen Prozessoren MP_k (mit $k=1,2,\dots,i-1,i+1,\dots,n$) mittelbar oder unmittelbar mitzuteilen,

25 - jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seine Lastverteilungswahrscheinlichkeiten p_{ij} (mit $j=1,2,\dots,n$) in Abhängigkeit von den Lastindikationswerten $MPbi_k$ dieser anderen Prozessoren MP_k zu bestimmen,

30 - jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seine Verteilquote $q_i(\text{neu})$ in Abhängigkeit von seinem tatsächlichen Lastzustand Y_i zu bestimmen, und - jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um anhand seiner Quote q_i und seiner Lastverteilungsfaktoren p_{ij} seine

9

verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k zu verteilen, wenn seine Verteilquote $q_i(\text{neu})$ einen vorgegebenen Wert q_v überschreitet.

5 Erfindungsgemäß kann das oben vorgeschlagene Multiprozessorsystem so ausgestaltet werden, daß jeweils eines der oben genannten Verfahren implementiert ist, wobei die Implementierung durch eine entsprechende Programmierung der Prozessoren erfolgt.

10

Es ist noch darauf hinzuweisen, daß der Index (alt) sich jeweils auf die Werte des vorhergehenden Iterationsschrittes, beziehungsweise der Index (neu) sich auf den jetzt aktuellen Iterationsschritt beziehen.

15

Der besondere Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens und des entsprechenden Multiprozessorsystems liegt darin, daß es im Gegensatz zum eingangs genannten Stand der Technik einen "weichen" Einstieg in die Lastverteilung gewährleistet und dadurch anpassungsfähiger, weniger anfällig gegen Schieflastsituationen ist und Schwingungszustände besser vermieden werden. Im Endeffekt wird hierdurch die Wahrscheinlichkeit für die Abwehr von Aufgaben, insbesondere Vermittlungsaufgaben reduziert.

20

Weitere Ausgestaltungen, zusätzliche Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnungen.

25

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und nachstehend noch zu erläuternden Merkmale der Erfindung nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Die Figuren zeigen im einzelnen:

5 Figur 1: Flußbild des anfallenden und verteilten
Lastangebotes

Figur 2a: Grafische Darstellung der Entscheidungen zur
Aktualisierung der Lastverteilungsfaktoren p_{ij}

Figur 2b: Grafische Darstellung der Entscheidungen zur
Aktualisierung der Verteilungsquoten q_i

10 Figur 3: Formel zur linearen Interpolation von q_i

Das erfindungsgemäße Verfahren (Normal Load Balancing=NLB) ist ein quotiertes Load Balancing Verfahren, das auf einem Multiprozessorsystem, insbesondere in einer
15 Vermittlungsstelle eines Kommunikationssystems, zur Verteilung anfallender Arbeitslasten auf die jeweils anderen Prozessoren abläuft und sicherstellen soll, daß andauernde Schieflastsituationen bewältigt und möglichst alle angeforderten Aufgaben in möglichst kurzer Zeit abgearbeitet
20 werden. Nachfolgend soll eine besonders vorteilhafte Ausführungsform dieses Verfahrens beschrieben werden.

Auf jedem Prozessor MP_i mit $i=1, 2, \dots, n$ wird eine Verteilquote q_i geführt, die den Anteil V der verfügbaren Last, der tatsächlich verteilt werden soll, festsetzt. Eine solche Quote ermöglicht einen weicheren Ein- beziehungsweise Ausstieg aus der Lastverteilung an andere Prozessoren. Auf diese Weise werden Schwingzustände und Lastschwankungen vermieden. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn ein
30 Prozessor so viel Last an einen anderen verteilt, daß dieser wiederum überlastet wird.

Die Verteilquote q_i wird jedes Zeitintervall CI neu bestimmt. Die einzige Information, die jedes CI von den anderen
35 Prozessoren MP_k mit $k=1, \dots, i-1, i+1, \dots, n$ benötigt wird, sind Lastwertindikatoren (Balancing Indikatoren) MP_{bi_i} . Diese Lastwertindikatoren sind - ähnlich wie die Laststatuswerte

11

(Load States) von der Load Control - Lastzustände mit den Wertigkeiten NORMAL, HIGH oder OVERLOAD. Während der Load State anhand der tatsächlich bearbeiteten Last Y_i des Prozessors MP_i bestimmt wird, wird der Lastwertindikatoren MP_{bi} aus einer Schätzung der aktuell angebotenen Last A_i ermittelt. Die geschätzte angebotene Last A_i kann durch Lastverteilung erheblich mehr als die tatsächlich bearbeitete Last Y_i sein und stellt die maßgebliche Größe dar, die (in Form des Lastwertindikators MP_{bi}) ein Prozessor MP_i den anderen MP_k als Information zur Verfügung stellt.

Zusätzlich zur Verteilungsquote q_i werden auf jedem MP_i Wahrscheinlichkeiten p_{ij} geführt, welche die Wahrscheinlichkeit angeben, daß bei Lastverteilung Last vom 15 i-ten Prozessor MP_i auf den j-ten Prozessor MP_j übertragen wird. Die Wahrscheinlichkeiten werden so bestimmt, daß, wenn etwa der j-te Prozessor MP_j schon viel Last zu bearbeiten hat und deshalb nur wenig zusätzliche Last aufnehmen kann, das zugehörige p_{ij} kleiner ist als das p_{ik} für einen freien MP_k .

20 In Figur 1 wird das Zusammenspiel der p_{ij} und q_i veranschaulicht. Die doppelte Indizierung "ij" der Kenngrößen besagt, daß jeweils der Prozessor mit der Nummer des ersten Index (hier i) jeweils eine "Spalte" von n Werten mit dem zweiten Index (hier j) kennt. Es ist zu bemerken, daß jeder Prozessor nur seine relevanten Werte (also seine Spalte) kennt, wobei insgesamt im System eine quadratische Matrix bekannt ist. So ist zum Beispiel p_{ij} die Wahrscheinlichkeit, daß Last vom i-ten MP auf den j-ten MP verteilt wird, wenn 25 der i-te MP zu viel Last hat.

In der Figur 1 ist außerdem die tatsächlich bearbeitete Last des j-ten Prozessors MP_j mit Y_j , die geschätzte angebotene Last mit A_j und der Teil des Lastangebotes, der verlagert 35 werden kann, mit a bezeichnet. Die gezeigte Lastsituation ist Überlast (OVERLOAD) auf MP_1 , auf den MP_k mit $k=2,3,4$ ist noch Raum für zusätzliche Aufgaben. Es wird gezeigt, wie der MP_1

GEÄNDERTES BLATT

12

einen ersten Teil der Last selbst bearbeitet und den Rest a verteilt. Von diesem Rest a geht der größte Anteil an MP_3 , der kleinste Anteil an MP_4 , der in diesem Beispiel also schon viel eigene Last zu bearbeiten hat. Nicht eingezeichnet sind 5 die Lasten, welche die MP_k außer von MP_1 noch erhalten. Die Breite der Fließbalken stellen ein Maß für die Größe der Last dar.

Gemäß dem Erfindungsgedanken ergibt sich also der folgende

10 Algorithmus: Meldet der j-te Prozessor MP_j den Balancing Indikator NORMAL, wird auf dem jeweils betrachteten MP_i das p_{ij} vergrößert. Es steigt also die Wahrscheinlichkeit, daß dieser Prozessor MP_i Last an MP_j abgibt, wenn er Last verteilen muß. Wird der Balancing Indikator HIGH gemeldet, so 15 wird das p_{ij} verkleinert. Wird der Balancing Indikator OVERLOAD gemeldet, wird p_{ij} auf Null gesetzt, so daß keine Last an den j-ten Prozessor MP_j abgegeben wird. Die Verteilungsquote q_i wird anschließend an die Bestimmung der p_{ij} verändert. Konnten viele der p_{ij} vergrößert werden, so ist 20 die Summe der p_{ij} über j größer 1 und offenbar noch Platz auf den anderen Prozessoren MP_k . Die Verteilungsquote q_i kann also nach den Erfordernissen des (betrachteten) Prozessors verändert werden.

Bei hoher Last Y_i auf dem betrachteten Prozessor MP_i wird die 25 Verteilungsquote q_i vergrößert, bei niedriger Last wird q_i verkleinert. Sind viele der p_{ij} verringert worden, dann ist die Summe der p_{ij} über j kleiner 1 und die Verteilungsquote q_i muß verringert werden.

30 Eine Veranschaulichung dieser Entscheidungen ist in den Figuren 2a und 2b dargestellt. Die Entscheidungsdiagramme zeigen die Aktualisierungsalgorithmen für p_{ij} (Figur 2a) und für Verteilungsquote q_i (Figur 2b), die jedes Zeitintervall CI für den i-ten Prozessor MP_i durchgeführt werden.

35

Bei dem erfindungsgemäßen Lastverteilungsverfahren (NLB) werden einige Parameter (Konstanten) benötigt, deren Wahl das

13

Verhalten in bestimmten Lastsituationen stark beeinflussen kann. Es ergibt sich in den meisten Fällen ein Konflikt zwischen einem Lastverteilungsverfahren, das schnell auf Laständerungen reagieren kann, und einem stabilen

5 Lastverteilungsverfahren, das nicht zu Schwingungen und zum Weiterverteilen von Aufgaben neigt. "Weiterverteilen" bedeutet hier das gleichzeitige Verteilen von eigener Last und das Bearbeiten von fremder Last auf einem Prozessor.

10 Folgende Parameterveränderungen bewirken ein schneller reagierendes NLB:

- Das stärkere Verändern von q_i mit: $0,15 < c_{q1}, 0,1 < c_{q2}$
- Das stärkere Verändern der p_{ij} mit: $0,25 < p_{c1}, 0,25 < p_{c2}$
- Das spätere Setzen der Lastindikationswerte MP_{bii} mit: 15 $threshold_H > 0,7$ (d.h. erst bei höherer Last 'HIGH' an die anderen Prozessoren MP_k melden)

Detailliert verläuft das bevorzugte Verfahren bei einem Multiprozessor-Kommunikationsrechner also wie folgt:

20 Als Dauer des Zeitintervalls (Kontrollintervall) CI des Zeitrasters, mit dem das Verfahren iterativ abläuft, wird bei den derzeit bekannten Multiprozessorsystemen der Vermittlungstechnik bevorzugt 1 bis 2 Sekunden gewählt. Es 25 ist selbstverständlich, daß mit steigender Prozessorleistung das Zeitintervall gekürzt werden kann.

Jedes Kontrollintervall CI werden die Größen q_i , p_{ij} , MP_{isi} und MP_{bij} aktualisiert.

30 Die tatsächlich bearbeitete Last Y_i eines Prozessors MP_i wird als Prozessorlaufzeitgröße, gemessen in Erlang, ermittelt.

35 Die geschätzte angebotene Last A_j eines Prozessors MP_i wird aus der Verteilquote q_i des aktuellen Kontrollintervalls CI und dem geschätzten verteilbaren Anteil einer

14

durchschnittlichen Aufgabe, zum Beispiel der Abarbeitung eines Calls, ermittelt.

Es gilt:

5 Die Anzahl der Prozessoren MP_i im Multiprozessorsystem ist n.

$A_i := Y_i / (1 - q_i V)$, wobei V der verteilbare Anteil eines Calls ist.

10 $MP_{i,i}$: Load State des i-ten MPs, kann die Werte NORMAL, HIGH, OVERLOAD oder EXTREME annehmen. Zur Berechnung des Load States wird die tatsächlich bearbeitete Last Y_i herangezogen. Zur Vermeidung von vorschnellen Änderungen des $MP_{i,i}$ werden Hysteresen eingeführt. Wird etwa der $MP_{i,i}$ von NORMAL auf HIGH gesetzt, muß $Y_i > threshold_N + \Delta_+$ sein, wohingegen, um von HIGH nach NORMAL zu kommen, $Y_i < threshold_N - \Delta_-$ sein muß. Diese Vorgehensweise ist auch als High Water-Low Water Methode bekannt. Bei EXTREME muß aus systemtechnischen Gründen der Vermittlungsstelle das Verteilungsverfahren (Load Balancing) für diesen Prozessor MP_i abgeschaltet werden.

$threshold_N$: Ist die Normallastschwelle - nach Berücksichtigung einer Hysterese wird unterhalb dieser der MP*i* als NORMAL geführt, oberhalb als HIGH.

25 $threshold_H$: Hochlastschwelle - nach Berücksichtigung einer Hysterese und einer lastabhängigen zeitlichen Verzögerung (Startindikator) wird unterhalb dieser Schwelle der MP*i* als HIGH geführt, oberhalb als OVERLOAD.

30 Der Lastindikationswert (Balancing Indikator) $MP_{b,i}$ des i-ten Prozessors MP_i kann die Werte NORMAL, HIGH oder OVERLOAD annehmen. Dieser wird wie der $MP_{i,i}$ berechnet, nur wird hier anstelle der tatsächlichen Last Y_i die geschätzte angebotene Last A_i zugrundegelegt und andere Werte für Δ_+ und Δ_- genommen, mit $\Delta_+ = \Delta_- = 0.02$.

GEÄNDERTES BLATT

15

Zusätzlich wird ein Overload Level OL_i des Prozessors MP_i bestimmt, der die Werte 0...6 annehmen kann und als Quantifizierung des Überlastzustandes des Prozessors MP_i gedacht ist. Ist der $OL_i > 0$, werden Calls abgewehrt, je höher der Wert, desto wahrscheinlicher wird ein Call abgewiesen.

Die Last, die von MP_i nach MP_j verteilt werden soll, wird als Wahrscheinlichkeit p_{ij} ausgedrückt und kann somit Werte zwischen 0 und 1 annehmen.

10

Die Größe des Wertes p_{ij} bestimmt sich durch folgende Kriterien:

- Initialisiere p_{ij} mit $p_{ij} := (n-1)^{-1}$
- $p_{ii} := 0$, MP_i soll nicht an sich selbst verteilen.
- 15 - Falls $MP_{bij} = NORMAL$: $p_{ij} \rightarrow p_{ij} + 0.25/n$, $j=1, \dots, n$, $i \neq j$. Das alte p_{ij} kann vergrößert werden, weil auf dem Prozessor MP_j noch Platz ist.
- Falls $MP_{bij} = HIGH$: $p_{ij} \rightarrow p_{ij} - 0.25/n$. Das alte p_{ij} muß verkleinert werden, weil MP_j voll ausgelastet ist.
- 20 - Falls $MP_{bij} = OVERLOAD$: $p_{ij} = 0$. Es soll keine Last an überlastete Prozessoren MP_n abgeben werden.

Die neu bestimmten p_{ij} müssen noch normiert werden:

25 Setze $p_{sum} = \text{summe}(p_{ij})$ über $j=1, \dots, n$
und normiere (falls $p_{sum} > 0$) mit $p_{ij} \rightarrow p_{ij}/p_{sum}$

Anschließend wird die Verteilungsquote q_i mit den folgenden Kriterien bestimmt:

- 30 - Initialisierungswert: $q_i = 0.1$
- Falls der $MP_{lsi} = EXTREME$: $q_i = 0.1$. Dieser MP ist so stark überlastet, daß ihn auch der Eigenanteil für einen verteilten Call überfordern würde. Deshalb kein Load Balancing, sondern nur Abwehr; das Load Balancing ist zudem aus systemtechnischen Gründen der Vermittlungsstelle nicht sinnvoll.

GEÄNDERTES BLATT

16

- Falls $p_{sum} > 1$, kann offenbar mehr Last verteilt werden. Dann kann q_i nach den Erfordernissen des MP_i bestimmt werden, mit:

1. Falls der $OL_i > 0$, q_i auf jeden Fall vergrößern mit: $q_i \rightarrow \min \{q_i + 0.15, 1\}$
2. Falls $Y_i > threshold_N$, q_i vergrößern mit: $q_i \rightarrow \min \{q_i + 0.15, 1\}$
3. Falls $Y_i < threshold_N$, q_i verkleinern mit: $q_i \rightarrow \max \{q_i - 0.10, 0.1\}$.

4. Andernfalls, falls $threshold_N < Y_i < threshold_H$ gilt:

$$q_i \rightarrow \min \{ \max \{ q_i + (0.25 / (threshold_H - threshold_N)) * (Y_i - threshold_N) - 0.1, 0.1 \}, 1.0 \}$$

Dies ist die lineare Interpolation zwischen der obigen Vergrößerung um 0.15 und der obigen Verkleinerung um 0.1. Die Formel ist nochmals in besser lesbarer Weise in der Figur 3 dargestellt.

- Falls $p_{sum} < 1$, wurde offenbar zuviel Last verteilt und q_i muß verkleinert werden mit: $q_i \rightarrow q_i * p_{sum}$.
- Der Prozessor MP_i verteilt Last an andere Prozessoren MP_k , wenn $q_i > 0.25$ wird.

- 25 Das erfindungsgemäße Verfahren weist somit die folgenden Eigenschaften und Vorteile auf:

- Ein sehr geringer Informationsoverhead zwischen den am 30 Lastverteilungsverfahren beteiligten Prozessoren. Gegenseitig bekannt sind nur wenige, vorzugsweise dreiwertige Lastzustände, die nur einmal pro Kontrollintervall aktualisiert und verteilt werden.
- 35 Für jeden Prozessor gibt es eine Quote, die jedes Kontrollintervall aktualisiert wird und die den Anteil der

GEÄNDERTES BLATT

17

Last regelt, die vom betrachteten Prozessor an die anderen beteiligten Prozessoren verteilt werden soll.

Für jeden Prozessor gibt es Einzelregulatoren, welche die zu 5 verteilende Last auf die anderen Prozessoren aufteilen.

Das Verfahren ist nicht nur als "Feuerwehrmaßnahme" konzipiert, das erst wirksam wird, wenn ein Prozessor in Überlast gerät und gegebenenfalls Aufgaben (Calls) abgewehrt

10 werden, sondern es setzt die Lastverteilung früher und weicher ein. Dadurch können Dauerschieflastzustände besser und mit weniger abgewiesenen Aufgaben (Calls) verarbeitet werden.

15 Im erfindungsgemäßen Verfahren werden die Lastzustände, die an die anderen Prozessoren verteilt werden, konsequent anhand der geschätzten angebotenen Last und nicht anhand der tatsächlich bearbeiteten Last ermittelt.

20 Das Verfahren benötigt kein Load Balancing Flag, das den Einstieg in die Lastverteilung regelt. Der Einstieg wird über die Verteilquote q_i geregelt. Weiterhin sind durch das Fehlen eines Load Balancing Flags gegenseitige Abhängigkeiten zwischen den Lastzuständen und dem Load Balancing Flag 25 eliminiert worden. Dadurch ist eine nachträgliche Anpassung des Algorithmus an veränderte Bedingungen leichter möglich.

Die lastabhängige Veränderung der Einzelregulatoren (Lastverteilungsfaktoren p_{ij}) geschieht in Abhängigkeit von 30 der Anzahl n der an der Lastverteilung beteiligten Prozessoren. Somit ist das Verfahren unabhängig von der Anzahl der beteiligten Prozessoren.

35 Die lastabhängige Veränderung der Verteilungsquoten und der Einzelregulatoren pro Kontrollintervall geschieht so, daß ein zu langsames "Heranschleichen" an den optimalen Wert vermieden wird.

Die lastabhängige Veränderung der Einzelregulatoren vermeidet ein Verharren der Werte auf die Einstellung der vorangegangenen Lastverteilungsperiode während einer Periode 5 ohne Lastverteilung. Es wird vielmehr auf eine Ausgangsstellung zurückgeregelt.

Die aus dem Stand der Technik bekannte Trägheit in der Veränderung der Quoten wurde entfernt, um ein leichteres 10 Nachführen an die tatsächlich vorliegende Lastsituation zu ermöglichen.

Ergänzend ist auf die Definition einiger Begriffe in dieser Anmeldung hinzuweisen:
15 Der Begriff oder Wortbestandteil „Quote“ beschreibt den Bruchteil eines Ganzen mit einem Wertebereich zwischen 0 und 1.

Der Begriff oder Wortbestandteil „Zustand“ beschreibt die 20 augenblickliche Situation oder den augenblicklichen, aktuellen Wert einer Größe. So ist z.B. der Lastzustand eines Prozessors als der Wert der aktuellen Last des Prozessors zu verstehen.

25 Der Begriff Hysterese definiert die Abhängigkeit einer aktuellen Größe von ihren früheren Werten, ihrer Historie oder ihres zeitlichen Verlaufs.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Lastverteilung in einem
Multiprozessorsystem, insbesondere in einem
5 Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, bei
dem anfallende Aufgaben von mehreren Prozessoren MP_i
(mit $i=1,2,\dots,n$) unter Realzeitbedingungen
abgearbeitet werden können, mit folgenden iterativen und
sich in Zeitintervallen CI wiederholenden

10 Verfahrensschritten:

- jeder Prozessor MP_i ermittelt seine tatsächliche aktuelle Last Y_i und schätzt in Abhängigkeit von zuvor mitgeteilten Verteilungsquoten q_i (alt) und dem typischerweise verteilbaren Anteil V einer typischen Aufgabe seine angebotene Last A_i , die zu einem mehrwertigen Lastindikationswert (Balancing Indicator) $MPbi_i$ führt, wobei die Verteilungsquote q_i den, an andere Prozessoren MP_k verteilbaren, Lastanteil darstellt,
- jeder Prozessor MP_i teilt seinen Lastindikationswert $MPbi_i$ den jeweils anderen Prozessoren MP_k (mit $k=1,2,\dots,i-1,i+1,\dots,n$) mittelbar oder unmittelbar mit,
- jeder Prozessor MP_i bestimmt seine Lastverteilungswahrscheinlichkeiten p_{ij} (mit $j=1,2,\dots,n$) in Abhängigkeit von den Lastindikationswerten $MPbi_k$ dieser anderen Prozessoren MP_k ,
- jeder Prozessor MP_i bestimmt seine Verteilungsquote q_i (neu) in Abhängigkeit von seiner tatsächlichen aktuellen Last Y_i und den Lastverteilungsfaktoren p_{ij}

GEÄNDERTES BLATT

20

- jeder Prozessor MP_i verteilt anhand seiner Quote q_i und seiner Lastverteilungsfaktoren p_{ij} seine verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k wenn seine Verteilquote $q_i(\text{neu})$ einen vorgegebenen Wert q_v überschreitet.

5

2. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die geschätzte angebotene Last A_i eines Prozessors MP_i nach der Formel $A_i := Y_i / (1 - q_i V)$ errechnet wird.

10

3. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der mehrwertige Lastindikationswert (balancing indicator) $MPbi_i$ drei diskrete Werte, vorzugsweise die Werte NORMAL, HIGH und OVERLOAD, wobei NORMAL einer Prozessorauslastung von 0 bis 70%, HIGH einer Prozessorauslastung von 70% bis 85% und OVERLOAD einer Prozessorauslastung von 85% bis 100% entspricht, annehmen kann.

20

4. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Lastindikationswert (balancing indicator) $MPbi_i$ bezüglich Änderungen einer Hysterese unterliegt.

25

6. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als typischer verteilbarer Anteil V der durchschnittliche oder maximale verteilbare Anteil einer typischen Aufgabe $CallP$ gilt.

30

7. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der durchschnittliche oder

GEÄNDERTES BLATT

21

maximale verteilbare Anteil einer typischen Aufgabe ständig als gleitender Durchschnitt oder gleitender Maximalwert über eine vorgegebene Zeitspanne t_D ermittelt wird.

5

8. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß für die vorgegebene Zeitspanne t_D gilt: $t_D \gg CI$.

10 9. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als typische Aufgabe eine durchschnittliche oder maximale Aufgabe angenommen wird.

15 10. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die durchschnittliche oder maximale Aufgabe ständig als gleitender Durchschnitt oder gleitender Maximalwert über eine vorgegebene Zeitspanne t_D ermittelt wird.

20

11. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß für die vorgegebene Zeitspanne t_D gilt: $t_D \gg CI$.

25 12. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für den vorgegebenen Wert q_v der Verteilquote q_i , ab dem der Prozessor MP_i verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k verteilt gilt: $0,05 < q_v < 0,3$, vorzugsweise $0,1 < q_v < 0,25$, vorzugsweise $q_v = 0,2$.

22

13. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Berechnung der Verteilquote q_i die folgenden Kriterien erfüllt:

- $p_{ii} := 0$
- 5 - falls $MP_{bi,j}$ einer mittleren Last entspricht, vorzugsweise $MP_{bi,j} = \text{NORMAL}$, gilt:
 $p_{ij}(\text{neu}) = p_{ij}(\text{alt}) + p_{c1}/n$, für $j=1, \dots, n$ und $i \neq j$
- falls $MP_{bi,j}$ einer hohen Last entspricht, vorzugsweise $MP_{bi,j} = \text{HIGH}$ gilt:
 $p_{ij}(\text{neu}) = p_{ij}(\text{alt}) - p_{c2}/n$, für $j=1, \dots, n$ und $i \neq j$
- 10 - falls $MP_{bi,j}$ einer Überlast entspricht, vorzugsweise $MP_{bi,j} = \text{OVERLOAD}$, gilt:
 $p_{ij}(\text{neu}) = 0$
- wobei die p_{ij} ($j=1, \dots, n$) mit der Summe p_{sum} der p_{ij} auf 1 normiert werden und
- 15 - als Initialisierungswert beim Beginn der Verteilungsprozesse alle p_{ij} , ausgenommen p_{ii} , gleich sind.

20 14. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante p_{c1} gilt:
 $0,1 < p_{c1} < 0,5$, vorzugsweise $0,2 < p_{c1} < 0,3$, vorzugsweise $p_{c1} = 0,25$.

25 15. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 13-14, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante p_{c2} gilt: $0,1 < p_{c2} < 0,5$, vorzugsweise $0,2 < p_{c2} < 0,3$, vorzugsweise $p_{c2} = 0,25$.

30 16. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 13-15, dadurch gekennzeichnet, daß der Initialisierungswert der p_{ij} beim Beginn der Verteilungsprozesse gleich $(n-1)^{-1}$ gesetzt wird.

17. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 13-16, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Prozessor MP_i anhand seiner tatsächlichen aktuellen Last Y_i einen mehrwertigen Laststatus (load state) MP_{ls_i} bestimmt und die Berechnung der Lastindikationswerte MP_{bi_i} die folgenden Kriterien erfüllt:

- falls MP_{ls_i} der höchsten Last entspricht gilt:
 $q_i(\text{neu}) = c_{q1}$,
- falls $p_{sum} \geq 1$ gilt:
 - falls die tatsächliche aktuelle Last Y_i größer als ein vorgegebener Wert $threshold_H$ ist, wird q_i vergrößert mit $q_i = \min\{q_i + c_{q1}, 1\}$,
 - falls die tatsächliche aktuelle Last Y_i kleiner als ein vorgegebener Wert $threshold_N$ ist, wird q_i verkleinert mit $q_i = \max\{q_i - c_{q2}, c_{q3}\}$, mit $0 < c_{q3} < q_v$, vorzugsweise $c_{q3} = 0,1$,
 - andernfalls ($threshold_N \leq Y_i \leq threshold_H$) erhält q_i einen Zwischenwert zwischen den beiden oben genannten Alternativen, vorzugsweise durch lineare Interpolation
- falls $p_{sum} \leq 1$ gilt: $q_i(\text{neu}) = q_i(\text{alt}) * p_{sum}$.

18. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Laststatus (load state) MP_{ls_i} bezüglich Änderungen einer Hysterese unterliegt.

19. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 17 - 18, dadurch gekennzeichnet, daß der mehrwertige Laststatus (load state) MP_{ls_i} vier diskrete Werte, vorzugsweise NORMAL (=0 bis 0,7), HIGH (=0,7 bis 0,85), OVERLOAD (=0,85 bis 1) und EXTREME (wenn Laststatus über mehrere CI OVERLOAD) annehmen kann.

20. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 17 - 19, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante c_{q1} gilt: $0,05 < c_{q1} < 0,3$, vorzugsweise $0,1 < c_{q1} < 0,2$, vorzugsweise $c_{q1}=0,15$.

5

21. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 17- 20, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante c_{q2} gilt: $0,05 < c_{q2} < 0,2$, vorzugsweise $c_{q2}=0,10$.

10

22. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 17- 21, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante $threshold_N$ gilt: $0,6 < threshold_N < 0,8$, vorzugsweise $threshold_N =0,7$.

15

23. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 17- 22, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante $threshold_H$ gilt: $0,7 < threshold_H < 0,95$, vorzugsweise $threshold_H =0,85$.

20

24. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zur Quantifizierung des Überlastzustandes der Prozessoren ein Überlastwert OL_i der Prozessoren MP_i ermittelt wird, der ein Maß für die Größe der Überlast ist, mit $OL_i=0,1, \dots, m$ und die Verteilquote q_i auf jeden Fall vergrößert wird, falls der Betrag von OL_i größer 0 wird und $q_i(\text{neu}):=\min\{q_i(\text{alt})+c_{q1}, 1\}$ gesetzt wird.

25

30 25. Multiprozessorsystem, insbesondere eines Kommunikationssystems, mit mehreren Prozessoren MP_i (mit $i=1,2,\dots,n$) zur Ausführung anfallender Aufgaben unter Realzeitbedingungen, wobei:

25

- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seine tatsächliche aktuelle Last Y_i zu bestimmen, und, in Abhängigkeit von zuvor mitgeteilten Verteilungsquoten q_i (alt) und dem typischerweise verteilbaren Anteil V einer typischen Aufgabe, seine angebotene Last A_i zu schätzen, die zu einem mehrwertigen Lastindikationswert (Balancing Indicator) MP_{bi} führt, wobei die Verteilungsquote q_i den, an andere Prozessoren MP_k verteilbaren, Lastanteil darstellt,
- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seinen Lastindikationswert MP_{bi} den jeweils anderen Prozessoren MP_k (mit $k=1, 2, \dots, i-1, i+1, \dots, n$) mittelbar oder unmittelbar mitzuteilen,
- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seine Lastverteilungswahrscheinlichkeiten p_{ij} (mit $j=1, 2, \dots, n$) in Abhängigkeit von den Lastindikationswerten MP_{bk} dieser anderen Prozessoren MP_k zu bestimmen,
- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seine Verteilquote q_i (neu) in Abhängigkeit von seiner tatsächlichen aktuellen Last Y_i zu bestimmen, und
- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um anhand seiner Quote q_i und seiner Lastverteilungsfaktoren p_{ij} seine verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k zu verteilen, wenn seine Verteilquote q_i (neu) einen vorgegebenen Wert q_v überschreitet.

26. Multiprozessorsystem gemäß Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß eines der Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1-24 implementiert ist.

**VERTRAG UBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM
GEBIET DES PATENTWESEN**

Absender: MIT DER INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN
PRÜFUNG BEAUFTRAGTE BEHÖRDE

An:

SIEMENS AG
Postfach 22 16 34
80506 München
ALLEMAGNE

CT IPS AM Mch P/Ri

Eing. 02. Mai 2001

GR
Frist 21.05.01

PCT

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERSENDUNG
DES INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN
PRÜFUNGSBERICHTS

(Regel 71.1 PCT)

Absendedatum
(Tag/Monat/Jahr) 30.04.2001

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts
1999P01082WO

WICHTIGE MITTEILUNG

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP00/00317

Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr)
17/01/2000

Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)
21/01/1999

Anmelder
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

W/S

1. Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß ihm die mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde hiermit den zu der internationalen Anmeldung erstellten internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen, übermittelt.
2. Eine Kopie des Berichts wird - gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen - dem Internationalen Büro zur Weiterleitung an alle ausgewählten Ämter übermittelt.
3. Auf Wunsch eines ausgewählten Amtes wird das Internationale Büro eine Übersetzung des Berichts (jedoch nicht der Anlagen) ins Englische anfertigen und diesem Amt übermitteln.
4. **ERINNERUNG**

Zum Eintritt in die nationale Phase hat der Anmelder vor jedem ausgewählten Amt innerhalb von 30 Monaten ab dem Prioritätsdatum (oder in manchen Ämtern noch später) bestimmte Handlungen (Einreichung von Übersetzungen und Entrichtung nationaler Gebühren) vorzunehmen (Artikel 39 (1)) (siehe auch die durch das Internationale Büro im Formblatt PCT/IB/301 übermittelte Information).

Ist einem ausgewählten Amt eine Übersetzung der internationalen Anmeldung zu übermitteln, so muß diese Übersetzung auch Übersetzungen aller Anlagen zum internationalen vorläufigen Prüfungsbericht enthalten. Es ist Aufgabe des Anmelders, solche Übersetzungen anzufertigen und den betroffenen ausgewählten Ämtern direkt zuzuleiten.

Weitere Einzelheiten zu den maßgebenden Fristen und Erfordernissen der ausgewählten Ämter sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung
beauftragten Behörde

Europäisches Patentamt
D-80298 München
Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d
Fax: +49 89 2399 - 4465

Bevollmächtigter Bediensteter

Schall, H

Tel. +49 89 2399-2647



VERTRAG ÜBER INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM
GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 1999P01082WO	WEITERES VORGEHEN	siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)
Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/00317	Internationales Anmelde datum (Tag/Monat/Jahr) 17/01/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 21/01/1999

Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK
G06F9/46

Anmelder

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.

2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 6 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.

Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 25 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I Grundlage des Berichts
- II Priorität
- III Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 21/08/2000	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 30.04.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter Schneider, M Tel. Nr. +49 89 2399 7509



I. Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigefügt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):
Beschreibung, Seiten:

1-18 eingegangen am 28/02/2001 mit Schreiben vom 26/02/2001

Patentansprüche, Nr.:

1-26 eingegangen am 28/02/2001 mit Schreiben vom 26/02/2001

Zeichnungen, Blätter:

1/3-3/3 ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung bzw. wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nukleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

Beschreibung, Seiten:
 Ansprüche, Nr.:
 Zeichnungen, Blatt:

5. Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).
siehe Beiblatt

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-26
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-26
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-26
	Nein: Ansprüche	

2. Unterlagen und Erklärungen
siehe Beiblatt

VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:
siehe Beiblatt

VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:
siehe Beiblatt

Zu Punkt I

Grundlage des Berichts

Die nachfolgend aufgeführten Änderungen bringen Sachverhalte ein, die im Widerspruch zu Artikel 34 (2) b) PCT über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgehen:

Das Merkmal des ursprünglich eingereichten Anspruchs 19 und Beschreibung S. 6, Z. 19, dass, falls MPis, der höchsten Last entspricht, gilt: $q_i(\text{neu})=q_{c1}$, wurde in dem entsprechenden geänderten Anspruch 17 und Beschreibung S. 6, Z. 18 ersetzt durch $q_i(\text{neu})=c_{q1}$.

Für diese Ersetzung gibt es in der ursprünglichen Anmeldung keine Grundlage. Aus S. 7, Zeile 25 und S. 15, Zeilen 19 und 30-31 der ursprünglichen Beschreibung in Verbindung mit dem ursprünglichen Anspruch 19 wird klar, dass q_{c1} und c_{q1} unterschiedliche Konstante mit verschiedenen vorgeschlagenen Werten sind.

Deshalb wird der Bericht erstellt, als seien die Änderungen nicht gemacht worden.

Zu Punkt V

Begründete Feststellung nach Art. 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

Wegen der unter Punkt VIII angeführten Unklarheit werden die folgenden Aussagen getroffen unter dem Vorbehalt einer Interpretation der Ansprüche gemäß den entsprechenden Bemerkungen unter Punkt VIII.

Es wird auf das folgende Dokument verwiesen:

D1: EP 0645702

D1 wurde in der Anmeldung angegeben. Eine Kopie des Dokuments liegt bei.

1. Der Gegenstand des Anspruchs 1 ist neu und erfinderisch im Sinne von Artikel 33(2) und 33(3) PCT.

D1 offenbart (vgl. insb. S. 6, Zeile 29-S. 9, Zeile 5, Zeichnungen 3 und 4) unter Andersbezeichnung der aktuellen Last als "a" und der angebotenen Last als "tatsächlich am Prozessor anliegende Last a'" alle wesentlichen Merkmale des Anspruchs 1, mit den folgenden Ausnahmen:

- Die in Anspruch 1 genannte Verwendung eines verteilbaren Anteils V zur Abschätzung der angebotenen Last wird in D1 zur Abschätzung der entsprechenden anliegenden Last nicht explizit erwähnt. Dieses Merkmal wäre aber wegen D1, S. 3, Zeilen 26-32, S. 7, Zeilen 55-58 nahe liegend und scheint in der Formel auf D1, S. 7, Zeile 14 durch den Faktor "d" angedeutet zu sein.
- Gemäß D1 verteilt jeder Prozessor seine verteilbare Last an andere Prozessoren, wenn eine eigenständige Lastbalanzierungsflagge LBF gesetzt ist (siehe D1, S. 9, Zeilen 2-5), während gemäß Anspruch 1 die Verteilung geschieht, wenn die Verteilquote q_i einen vorgegebenen Wert q_v überschreitet. Diese Veränderung des Stands der Technik wird durch die im Recherchenbericht angegebenen Dokumente oder D1 selbst weder aufgezeigt noch nahegelegt.

Das Verfahren in Anspruch 1 erlaubt bei entsprechend gewähltem Wert q_v , für jeden Prozessor bereits bei niedriger Belastung einen sanften Einstieg in die Lastverteilung. Beim Verfahren von D1 wird für jeden Prozessor bei Überschreiten einer gewissen Überlastung schlagartig von keiner Verteilung auf möglichst hohe Verteilung umgestellt, was zu Lastschwingungen führen kann.

2. Der Gegenstand der von Anspruch 1 abhängigen Ansprüche und des unabhängigen Anspruchs 25 in Kombination mit den Merkmalen des Anspruchs 26 ist neu und erforderlich im Sinne von Artikel 33(2) und 33(3) PCT, da diese Ansprüche alle wesentlichen Merkmale des Anspruchs 1 beinhalten.

Zu Punkt VII

Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Die Beschreibung auf S. 3 steht nicht, wie in Regel 5.1 a) iii) PCT vorgeschrieben, in Einklang mit den Ansprüchen.

Zu Punkt VIII

Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Die Nummerierung der Ansprüche überspringt die Ziffer 5.

Der unabhängige Anspruch 25 enthält nicht, wie von Artikel 6 PCT in Verbindung mit Regel 6.3 b) PCT für unabhängige Ansprüche gefordert, alle für die Definition der Erfindung wesentlichen Merkmale:

Für das System von Anspruch 25 ist zusätzlich zu den dort bereits aufgeführten Merkmalen auch das Merkmal aus Anspruchs 26 wesentlich, um die Aufgabe der Erfindung zu erfüllen, da aus der Beschreibung keine dazu alternative Möglichkeit ersichtlich ist.

Beschreibung

Lastverteilungsverfahren eines Multiprozessorsystems und Multiprozessorsystem

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lastverteilung in einem Multiprozessorsystem, insbesondere in einem Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, bei dem anfallende Aufgaben von mehreren Prozessoren MP_i (mit $i=1,2,\dots,n$) unter Realzeitbedingungen abgearbeitet werden können und ein Multiprozessorsystem, insbesondere eines Kommunikationssystems, mit einem Lastverteilungsmechanismus.

Ein ähnliches Verfahren zur Lastverteilung in einem Multiprozessorsystem, insbesondere in einem Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, ist beispielsweise aus der Europäischen Patentanmeldung EP 0 645 702 A1 der Anmelderin bekannt. Diese Schrift offenbart ein Verfahren zum Lastenausgleich in einem Multiprozessorsystem, insbesondere ein Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, bei dem anfallende Aufgaben von mehreren Prozessoren unter Realzeitbedingungen abgearbeitet werden können, wobei zur Durchführung des Lastausgleiches allgemein die folgenden Verfahrensschritte genannt sind:

25 - jeder Prozessor ermittelt seinen Lastzustand in Form einer quantifizierten Größe,

- jedem Prozessor werden die Lastzustände der anderen Prozessoren innerhalb eines Zeitrasters mitgeteilt,

- jeder Prozessor gibt in Abhängigkeit vom Überschreiten 30 einer bestimmten Größe seines Lastzustandes und in Abhängigkeit von den Lastzuständen der übrigen Prozessoren zumindest einen Teil der bei ihm anfallenden Aufgaben an die übrigen Prozessoren ab, und

GEÄNDERTES BLATT

2

- die abgegebenen Aufgaben werden entsprechend den Lastzuständen der übrigen Prozessoren auf diese aufgeteilt.

Im Ausführungsbeispiel wird das Verfahren dahingehend

5 konkretisiert, daß im Betrieb ständig und vor dem Einstieg in die Lastverteilung, die hier erst ab dem Erreichen einer bestimmten Überlast beginnt, Verteilungsquoten errechnet werden, nach denen die einzelnen Prozessoren im Fall der Überlast an andere Prozessoren ihre verteilbare Last abgeben.

10 Ist das System dauerhaft ungleichmäßig ausgelastet, so wird die Last erst bei Überlast eines oder mehrerer Prozessoren verteilt. Damit geht aber unnötige Lastabwehr einher. Die Reduktion der Überlastschwelle auf einen niedrigeren Wert führt zu keinem befriedigenden Ergebnis, weil dann unnötig viel Last verteilt wird und es zu Schwingungszuständen kommt. Diese Situation ergibt sich aus der dort getroffenen Annahme, daß die Überlast oder die ungleichmäßige Belastung von kurzer Dauer ist.

20 Des weiteren wird auf Evans D. J. et al, „Dynamic Load
Balancing using Tasktransfer Probabilities“ in Parallel
Computing, Bd. 19, Nr. 8, 1. August 1993, Seiten 897-916,
hingewiesen, in der auch eine Lastverteilungsstrategie unter
Berücksichtigung von Lastverteilungswahrscheinlichkeiten
25 dargestellt wird, wobei jedoch ausschließlich aktuell
gemessene Werte Berücksichtigung finden. Die zeitliche
Entwicklung der betrachteten Parameter findet keine
Beachtung.

30 Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes
Lastverteilungsverfahren für ein Multiprozessorsystem
anzugeben, welches rechtzeitig und "weich" einsetzt und
dadurch dauerhafte Schieflastzustände im Lastangebot ohne
Lastabwehr bewältigt. Außerdem soll auch ein entsprechendes
35 Multiprozessorsystem angegeben werden.

GEÄNDERTES BLATT

Die Aufgabe wird einerseits durch ein Verfahren mit den Verfahrensschritten des ersten Verfahrensanspruches und andererseits durch ein Multiprozessorsystem mit den Merkmalen des ersten Vorrichtungsanspruches gelöst.

5

Demgemäß schlagen die Erfinder ein Verfahren zur Lastverteilung in einem Multiprozessorsystem, insbesondere in einem Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, bei dem anfallende Aufgaben von mehreren Prozessoren MP_i (mit $i=1,2,\dots,n$) unter Realzeitbedingungen abgearbeitet werden können, mit folgenden iterativen und sich in Zeitintervallen CI wiederholenden Verfahrensschritten vor:

- jeder Prozessor MP_i ermittelt seinen tatsächlichen Lastzustand Y_i und schätzt in Abhängigkeit von zuvor mitgeteilten Verteilungsquoten $q_i(\text{alt})$ (mit $q_i = \text{an andere Prozessoren } MP_k$ nach Möglichkeit zu verteilender Lastanteil) und dem typischerweise verteilbaren Anteil V einer typischen Aufgabe seine angebotene Last A_i , die zu einem mehrwertigen Lastindikationswert (Balancing Indicator) $MPbi_i$ führt,
- jeder Prozessor MP_i teilt seinen Lastindikationswert $MPbi_i$ den jeweils anderen Prozessoren MP_k (mit $k=1,2,\dots,i-1,i+1,\dots,n$) mittelbar oder unmittelbar mit,
- jeder Prozessor MP_i bestimmt seine Lastverteilungsfaktoren p_{ij} (mit $j=1,2,\dots,n$) in Abhängigkeit von den Lastindikationswerten $MPbi_k$ dieser anderen Prozessoren MP_k ,
- jeder Prozessor MP_i bestimmt seine Verteilungsquote $q_i(\text{neu})$ in Abhängigkeit von seinem tatsächlichen Lastzustand Y_i und den Lastverteilungsfaktoren p_{ij} ,
- jeder Prozessor MP_i verteilt anhand seiner Quote q_i und seiner Lastverteilungsfaktoren p_{ij} seine verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k , wenn seine

Verteilungsquote q_i (neu) einen vorgegebenen Wert q_v überschreitet.

Zur Abschätzung der angebotenen Last A_i eines Prozessors MP_i ist es vorteilhaft, die Formel $A_i := Y_i / (1 - q_i V)$ zu verwenden. A_i und Y_i können in der Einheit Erlang angegeben werden, während die Variablen q_i und V entsprechend ihrer Bedeutung dimensionslose Bruchteilangaben sind.

10 Vorteilhaft ist auch eine Unterteilung des mehrwertigen Lastindikationswertes (balancing indicator) $MPbi_i$ in drei diskrete Werte, wobei vorzugsweise die folgende Abgrenzung mit Schwellenwerten gilt: NORMAL für $MPbi_i$, wenn die Prozessorauslastung 0 bis 70% beträgt, HIGH für $MPbi_i$, wenn die Prozessorauslastung 70% bis 85% beträgt, und OVERLOAD für $MPbi_i$, wenn die Prozessorauslastung über 85% beträgt.

20 Vorteilhaft ist es auch, wenn eine Hysterese bei Lastzustandswechsel aufgrund von Schwellenwertüberschreitung oder Schwellenwertunterschreitung bei steigender oder fallender Prozessorauslastung eingeführt wird.

25 Außerdem kann es vorteilhaft sein, wenn der Lastindikationswert (balancing indicator) $MPbi_i$ bezüglich Änderungen einer zeitlichen Hysterese unterliegt und damit eine gewisse Trägheit erfährt. Als Hysteresegrenze können vorteilhaft Werte von 1 bis 2 Zeitintervallen CI angenommen werden.

30 Weitere vorteilhafte Annahmen bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind: der typische verteilbare Anteil V einer typischen Aufgabe soll der durchschnittliche oder maximale Anteil sein und als typische Bearbeitungszeit

einer Aufgabe soll eine durchschnittliche oder maximale Bearbeitungszeit einer Aufgabe angenommen werden.

Vorteilhaft kann hierbei der jeweilige Durchschnittswert oder Maximalwert eines Anteils beziehungsweise einer Aufgabe auch

5 während der Betriebszeit ständig ermittelt und gegebenenfalls als gleitender Wert mitgeführt und aktualisiert in das Lastverteilungsverfahren übernommen werden. Günstig ist es hierbei, wenn die Zeitdauer, über die die gleitenden Werte ermittelt werden, groß gegenüber dem Kontrollintervall CI

10 ist.

Besonders vorteilhaft ist es auch, wenn für den vorgegebenen Wert q_v der Verteilungsquote q_i , ab dem der Prozessor MPi verfügbare Last an andere Prozessoren MP_k verteilt, gilt:

15 $0,05 < q_v < 0,3$, vorzugsweise $0,1 < q_v < 0,25$, vorzugsweise $q_v = 0,2$.

Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren besonders vorteilhaft ausgestaltet werden, wenn bei der Berechnung der Verteilungsquote q_i die folgenden Kriterien erfüllt werden:

20 - $p_{ii} := 0$

- falls MP_{bij} einer mittlere Last entspricht, vorzugsweise $MP_{bij} = NORMAL$, gilt: $p_{ij}(neu) = p_{ij}(alt) + p_{c1}/n$, für $j=1, \dots, n$ und $i \neq j$

- falls MP_{bij} einer hohen Last entspricht, vorzugsweise $MP_{bij} = HIGH$ gilt: $p_{ij}(neu) = p_{ij}(alt) - p_{c2}/n$, für $j=1, \dots, n$ und $i \neq j$

- falls MP_{bij} einer Überlast entspricht, vorzugsweise $MP_{bij} = OVERLOAD$, gilt: $p_{ij}(neu) = 0$

- wobei die p_{ij} ($j=1, \dots, n$) mit der Summe p_{sum} der p_{ij} auf 1 normiert wird und

- als Initialisierungswert beim Beginn der Verteilungsprozesse alle p_{ij} , ausgenommen p_{ii} , gleich sind.

Als vorteilhafte Zahlenwerte können für die Konstante p_{c1} $0,1 < p_{c1} < 0,5$, vorzugsweise $0,2 < p_{c1} < 0,3$ und vorzugsweise $p_{c1}=0,25$ angenommen werden. Ebenso ist es vorteilhaft für die 5 Konstante p_{c2} $0,1 < p_{c2} < 0,5$, vorzugsweise $0,2 < p_{c2} < 0,3$, vorzugsweise $p_{c2}=0,25$ zu setzen. Auch kann der Initialisierungswert der p_{ij} beim Beginn der Verteilungsprozesse gleich $(n-1)^{-1}$ gesetzt werden.

10

Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren besonders vorteilhaft ausgestaltet werden, wenn jeder Prozessor MP_i anhand seiner tatsächlichen aktuellen Last Y_i einen mehrwertigen Laststatus (load state) MP_{ls_i} bestimmt und bei 15 der Berechnung der Lastindikationswerte MP_{bi_i} die folgenden Kriterien erfüllt werden:

- falls MP_{ls_i} der höchsten Last entspricht, vorzugsweise $MP_{ls_i}=EXTREME$, gilt: $q_i(\text{neu})=c_{q1}$,
- falls $p_{sum} \geq 1$ gilt:
20 - falls der tatsächliche Lastzustand Y_i größer als ein vorgegebener Wert $threshold_N$ ist, wird q_i vergrößert mit $q_i=\min\{q_i+c_{q1}, 1\}$,
- falls der tatsächliche Lastzustand Y_i kleiner als ein vorgegebene Wert $threshold_N$ ist, wird q_i verkleinert mit 25 $q_i=\max\{q_i-c_{q2}, c_{q3}\}$, mit $0 < c_{q3} < q_v$, vorzugsweise $c_{q3}=0,1$,
- andernfalls ($threshold_N \leq Y_i \leq threshold_H$) erhält q_i einen Zwischenwert zwischen den beiden oben genannten Alternativen, vorzugsweise durch lineare Interpolation
- falls $p_{sum} \leq 1$ gilt: $q_i(\text{neu})=q_i(\text{alt}) * p_{sum}$.

30

Bezüglich des mehrwertigen Laststatus (load state) MP_{ls_i} wird als besonders bevorzugt die Annahme von vier diskreten Werten vorgeschlagen, wobei vorzugsweise angenommen wird: NORMAL für

MP_ls_i, wenn die Prozessorauslastung unter 70% liegt, HIGH für MP_ls_i, wenn die Prozessorauslastung 70% bis 85%, OVERLOAD für MP_ls_i, wenn die Prozessorauslastung über 85% liegt und EXTREME für MP_ls_i, wenn dauerhaft der Lastzustand OVERLOAD vorherrscht. Auch hier kann es vorteilhaft sein, wenn der Laststatus (load state) MP_ls_i bezüglich Änderungen einer Hysterese unterliegt. Als Hysteresegrenze können vorteilhaft Werte von 1 bis 2 Zeitintervallen CI angenommen werden.

10 Zur optimalen Ausgestaltung des Verfahrens sind für die Konstante c_{q1} die folgenden Zahlenbereiche und -werte bevorzugt: $0,05 < c_{q1} < 0,3$, vorzugsweise $0,1 < c_{q1} < 0,2$, vorzugsweise $c_{q1} = 0,15$. Außerdem kann für die Konstante c_{q2} vorzugsweise $0,05 < c_{q2} < 0,2$, vorzugsweise $c_{q2} = 0,10$ angenommen werden.

15 Bezuglich der Konstanten $threshold_N$ gilt als bevorzugter Wertebereich: $0,6 < threshold_N < 0,8$, vorzugsweise $threshold_N = 0,7$.

20 Bezuglich der Konstanten $threshold_H$ gilt als bevorzugter Wertebereich: $0,7 < threshold_H < 0,95$, vorzugsweise $threshold_H = 0,85$.

25 Eine andere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, daß zusätzlich in jedem Zeitintervall CI ein Überlastwert OL_i der Prozessoren MP_i ermittelt wird, der ein Maß für die Größe der Überlast ist und als Maßstab zur Überlastabwehr dient, mit $OL_i = 0,1, \dots, m$, wobei OL_i eine 30 Quantifizierung für die Überlast des Prozessors darstellt, und die Verteilungsquote q_i auf jeden Fall vergrößert wird, falls $OL_i > 0$ mit $q_i(\text{neu}) := \min\{q_i(\text{alt}) + c_{q1}, 1\}$.

Erfindungsgemäß besteht auch die Möglichkeit, eine Adaption des Lastverteilungsverfahrens an sich ändernde Randbedingungen durchzuführen, indem die oben angegebenen Konstanten (q_v , p_{c1} , p_{c2} , q_{c1} , q_{c2} , $threshold_N$, $threshold_{N-1}$, c_{q1} , 5 c_{q2} , c_{q3}) im Betrieb zumindest teilweise angepaßt werden.

Erfindungsgemäß wird außerdem ein Multiprozessorsystem, insbesondere eines Kommunikationssystems, mit mehreren Prozessoren MP_i (mit $i=1,2,\dots,n$) zur Ausführung anfallender 10 Aufgaben unter Realzeitbedingungen, vorgeschlagen, wobei:

- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seinen tatsächlichen Lastzustand Y_i zu bestimmen, und in Abhängigkeit von zuvor mitgeteilten Verteilungsquoten q_i (alt) (mit q_i =an andere Prozessoren MP_k nach 15 Möglichkeit zu verteilender Lastanteil) und dem typischerweise verteilbaren Anteil V einer typischen Aufgabe seine angebotene Last A_i zu schätzen, die zu einem mehrwertigen Lastindikationswert (Balancing Indicator) $MPbi_i$ führt,
- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seinen Lastindikationswert $MPbi_i$ den jeweils anderen Prozessoren MP_k (mit $k=1,2,\dots,i-1,i+1,\dots,n$) mittelbar oder unmittelbar mitzuteilen,
- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seine 25 Lastverteilungswahrscheinlichkeiten p_{ij} (mit $j=1,2,\dots,n$) in Abhängigkeit von den Lastindikationswerten $MPbi_k$ dieser anderen Prozessoren MP_k zu bestimmen,
- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seine 30 Verteilquote q_i (neu) in Abhängigkeit von seinem tatsächlichen Lastzustand Y_i zu bestimmen, und
- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um anhand seiner Quote q_i und seiner Lastverteilungsfaktoren p_{ij} seine

verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k zu verteilen, wenn seine Verteilquote $q_i(\text{neu})$ einen vorgegebenen Wert q_v überschreitet.

5 Erfindungsgemäß kann das oben vorgeschlagene Multiprozessorsystem so ausgestaltet werden, daß jeweils eines der oben genannten Verfahren implementiert ist, wobei die Implementierung durch eine entsprechende Programmierung der Prozessoren erfolgt.

10

Es ist noch darauf hinzuweisen, daß der Index (alt) sich jeweils auf die Werte des vorhergehenden Iterationsschrittes, beziehungsweise der Index (neu) sich auf den jetzt aktuellen Iterationsschritt beziehen.

15

Der besondere Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens und des entsprechenden Multiprozessorsystems liegt darin, daß es im Gegensatz zum eingangs genannten Stand der Technik einen "weichen" Einstieg in die Lastverteilung gewährleistet und

20 dadurch anpassungsfähiger, weniger anfällig gegen Schieflastsituationen ist und Schwingungszustände besser vermieden werden. Im Endeffekt wird hierdurch die Wahrscheinlichkeit für die Abwehr von Aufgaben, insbesondere Vermittlungsaufgaben reduziert.

25

Weitere Ausgestaltungen, zusätzliche Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnungen.

30

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und nachstehend noch zu erläuternden Merkmale der Erfindung nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, 35 ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Die Figuren zeigen im einzelnen:

5 Figur 1: Flußbild des anfallenden und verteilten
 Lastangebotes

Figur 2a: Grafische Darstellung der Entscheidungen zur
Aktualisierung der Lastverteilungsfaktoren p_i

Figur 2b: Grafische Darstellung der Entscheidungen zur
Aktualisierung der Verteilungsquoten q_i

10 Figur 3: Formel zur linearen Interpolation von q_i

Das erfindungsgem  e Verfahren (Normal Load Balancing=NLB) ist ein quotiertes Load Balancing Verfahren, das auf einem Multiprozessorsystem, insbesondere in einer

15 Vermittlungsstelle eines Kommunikationssystems, zur
Verteilung anfallender Arbeitslasten auf die jeweils anderen
Prozessoren abläuft und sicherstellen soll, daß andauernde
Schieflastsituationen bewältigt und möglichst alle
angeforderten Aufgaben in möglichst kurzer Zeit abgearbeitet
20 werden. Nachfolgend soll eine besonders vorteilhafte
Ausführungsform dieses Verfahrens beschrieben werden.

Auf jedem Prozessor MP_i mit $i=1, 2, \dots, n$ wird eine Verteilquote q_i geführt, die den Anteil V der verteilbaren Last, der tatsächlich verteilt werden soll, festsetzt. Eine solche Quote ermöglicht einen weicheren Ein- beziehungsweise Ausstieg aus der Lastverteilung an andere Prozessoren. Auf diese Weise werden Schwingzustände und Lastschwankungen vermieden. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn ein Prozessor so viel Last an einen anderen verteilt, daß dieser wiederum überlastet wird.

Die Verteilquote q_i wird jedes Zeitintervall CI neu bestimmt. Die einzige Information, die jedes CI von den anderen Prozessoren MP_k mit $k=1, \dots, i-1, i+1, \dots, n$ benötigt wird, sind Lastwertindikatoren (Balancing Indikatoren) $MPbi_i$. Diese Lastwertindikatoren sind - ähnlich wie die Laststatuswerte

(Load States) von der Load Control - Lastzustände mit den Wertigkeiten NORMAL, HIGH oder OVERLOAD. Während der Load State anhand der tatsächlich bearbeiteten Last Y_i des Prozessors MP_i bestimmt wird, wird der Lastwertindikatoren MP_{bi} aus einer Schätzung der aktuell angebotenen Last A_i ermittelt. Die geschätzte angebotene Last A_i kann durch Lastverteilung erheblich mehr als die tatsächlich bearbeitete Last Y_i sein und stellt die maßgebliche Größe dar, die (in Form des Lastwertindikators MP_{bi}) ein Prozessor MP_i den anderen MP_k als Information zur Verfügung stellt.

Zusätzlich zur Verteilungsquote q_i werden auf jedem MP_i Wahrscheinlichkeiten p_{ij} geführt, welche die Wahrscheinlichkeit angeben, daß bei Lastverteilung Last vom 15 i-ten Prozessor MP_i auf den j-ten Prozessor MP_j übertragen wird. Die Wahrscheinlichkeiten werden so bestimmt, daß, wenn etwa der j-te Prozessor MP_j schon viel Last zu bearbeiten hat und deshalb nur wenig zusätzliche Last aufnehmen kann, das zugehörige p_{ij} kleiner ist als das p_{ik} für einen freien MP_k .

20 In Figur 1 wird das Zusammenspiel der p_{ij} und q_i veranschaulicht. Die doppelte Indizierung "ij" der Kenngrößen besagt, daß jeweils der Prozessor mit der Nummer des ersten Index (hier i) jeweils eine "Spalte" von n Werten mit dem zweiten Index (hier j) kennt. Es ist zu bemerken, daß jeder Prozessor nur seine relevanten Werte (also seine Spalte) kennt, wobei insgesamt im System eine quadratische Matrix bekannt ist. So ist zum Beispiel p_{ij} die Wahrscheinlichkeit, daß Last vom i-ten MP auf den j-ten MP verteilt wird, wenn 25 der i-te MP zu viel Last hat.

30 In der Figur 1 ist außerdem die tatsächlich bearbeitete Last des j-ten Prozessors MP_j mit Y_j , die geschätzte angebotene Last mit A_j und der Teil des Lastangebotes, der verlagert werden kann, mit a bezeichnet. Die gezeigte Lastsituation ist 35 Überlast (OVERLOAD) auf MP_1 , auf den MP_k mit $k=2,3,4$ ist noch Raum für zusätzliche Aufgaben. Es wird gezeigt, wie der MP_1

GEÄNDERTES BLATT

einen ersten Teil der Last selbst bearbeitet und den Rest a verteilt. Von diesem Rest a geht der größte Anteil an MP_3 , der kleinste Anteil an MP_4 , der in diesem Beispiel also schon viel eigene Last zu bearbeiten hat. Nicht eingezeichnet sind 5 die Lasten, welche die MP_k außer von MP_1 noch erhalten. Die Breite der Fließbalken stellen ein Maß für die Größe der Last dar.

Gemäß dem Erfindungsgedanken ergibt sich also der folgende 10 Algorithmus: Meldet der j-te Prozessor MP_j den Balancing Indikator NORMAL, wird auf dem jeweils betrachteten MP_i das p_{ij} vergrößert. Es steigt also die Wahrscheinlichkeit, daß dieser Prozessor MP_i Last an MP_j abgibt, wenn er Last verteilen muß. Wird der Balancing Indikator HIGH gemeldet, so 15 wird das p_{ij} verkleinert. Wird der Balancing Indikator OVERLOAD gemeldet, wird p_{ij} auf Null gesetzt, so daß keine Last an den j-ten Prozessor MP_j abgegeben wird. Die Verteilungsquote q_i wird anschließend an die Bestimmung der p_{ij} verändert. Konnten viele der p_{ij} vergrößert werden, so ist 20 die Summe der p_{ij} über j größer 1 und offenbar noch Platz auf den anderen Prozessoren MP_k . Die Verteilungsquote q_i kann also nach den Erfordernissen des (betrachteten) Prozessors verändert werden.

Bei hoher Last Y_i auf dem betrachteten Prozessor MP_i wird die 25 Verteilungsquote q_i vergrößert, bei niedriger Last wird q_i verkleinert. Sind viele der p_{ij} verringert worden, dann ist die Summe der p_{ij} über j kleiner 1 und die Verteilungsquote q_i muß verringert werden.

30 Eine Veranschaulichung dieser Entscheidungen ist in den Figuren 2a und 2b dargestellt. Die Entscheidungsdiagramme zeigen die Aktualisierungsalgorithmen für p_{ij} (Figur 2a) und für Verteilungsquote q_i (Figur 2b), die jedes Zeitintervall CI für den i-ten Prozessor MP_i durchgeführt werden.

35 Bei dem erfindungsgemäßen Lastverteilungsverfahren (NLB) werden einige Parameter (Konstanten) benötigt, deren Wahl das

Verhalten in bestimmten Lastsituationen stark beeinflussen kann. Es ergibt sich in den meisten Fällen ein Konflikt zwischen einem Lastverteilungsverfahren, das schnell auf Laständerungen reagieren kann, und einem stabilen

5 Lastverteilungsverfahren, das nicht zu Schwingungen und zum Weiterverteilen von Aufgaben neigt. "Weiterverteilen" bedeutet hier das gleichzeitige Verteilen von eigener Last und das Bearbeiten von fremder Last auf einem Prozessor.

10 Folgende Parameterveränderungen bewirken ein schneller reagierendes NLB:

- Das stärkere Verändern von q_i mit: $0,15 < c_{q1}, 0,1 < c_{q2}$
- Das stärkere Verändern der p_{ij} mit: $0,25 < p_{c1}, 0,25 < p_{c2}$
- Das spätere Setzen der Lastindikationswerte MPb_{ii} mit:
15 threshold_H > 0,7 (d.h. erst bei höherer Last 'HIGH' an die anderen Prozessoren MP_k melden)

Detailliert verläuft das bevorzugte Verfahren bei einem Multiprozessor-Kommunikationsrechner also wie folgt:

20 Als Dauer des Zeitintervalls (Kontrollintervall) CI des Zeitrasters, mit dem das Verfahren iterativ abläuft, wird bei den derzeit bekannten Multiprozessorsystemen der Vermittlungstechnik bevorzugt 1 bis 2 Sekunden gewählt. Es 25 ist selbstverständlich, daß mit steigender Prozessorleistung das Zeitintervall gekürzt werden kann.

Jedes Kontrollintervall CI werden die Größen q_i , p_{ij} , MP_{ls_i} und MPb_{ij} aktualisiert.

30 Die tatsächlich bearbeitete Last Y_i eines Prozessors MP_i wird als Prozessorlaufzeitgröße, gemessen in Erlang, ermittelt.

35 Die geschätzte angebotene Last A_j eines Prozessors MP_i wird aus der Verteilquote q_i des aktuellen Kontrollintervalls CI und dem geschätzten verteilbaren Anteil einer

durchschnittlichen Aufgabe, zum Beispiel der Abarbeitung eines Calls, ermittelt.

Es gilt:

5 Die Anzahl der Prozessoren MP_i im Multiprozessorsystem ist n .

$A_i := Y_i / (1 - q_i V)$, wobei V der verteilbare Anteil eines Calls ist.

10 $MP_{i,1}$: Load State des i-ten MPs, kann die Werte NORMAL, HIGH, OVERLOAD oder EXTREME annehmen. Zur Berechnung des Load States wird die tatsächlich bearbeitete Last Y_i herangezogen. Zur Vermeidung von vorschnellen Änderungen des $MP_{i,1}$ werden Hysteresen eingeführt. Wird etwa der $MP_{i,1}$ von NORMAL auf HIGH gesetzt, muß $Y_i > threshold_N + \Delta_+$ sein, wohingegen, um von HIGH nach NORMAL zu kommen, $Y_i < threshold_N - \Delta_-$ sein muß. Diese Vorgehensweise ist auch als High Water-Low Water Methode bekannt. Bei EXTREME muß aus systemtechnischen Gründen der Vermittlungsstelle das Verteilungsverfahren (Load 20 Balancing) für diesen Prozessor MP_i abgeschaltet werden.

$threshold_N$: Ist die Normallastschwelle - nach Berücksichtigung einer Hysterese wird unterhalb dieser der MPs als NORMAL geführt, oberhalb als HIGH.

25 $threshold_H$: Hochlastschwelle - nach Berücksichtigung einer Hysterese und einer lastabhängigen zeitlichen Verzögerung (Startindikator) wird unterhalb dieser Schwelle der MPs als HIGH geführt, oberhalb als OVERLOAD.

30 Der Lastindikationswert (Balancing Indikator) $MP_{b,i}$ des i-ten Prozessors MP_i kann die Werte NORMAL, HIGH oder OVERLOAD annehmen. Dieser wird wie der $MP_{i,1}$ berechnet, nur wird hier anstelle der tatsächlichen Last Y_i die geschätzte angebotene 35 Last A_i zugrundegelegt und andere Werte für Δ_+ und Δ_- genommen, mit $\Delta_+ = \Delta_- = 0.02$.

GEÄNDERTES BLATT

15

Zusätzlich wird ein Overload Level OL_i des Prozessors MP_i bestimmt, der die Werte 0...6 annehmen kann und als Quantifizierung des Überlastzustandes des Prozessors MP_i gedacht ist. Ist der $OL_i > 0$, werden Calls abgewehrt, je höher der Wert, desto wahrscheinlicher wird ein Call abgewiesen.

Die Last, die von MP_i nach MP_j verteilt werden soll, wird als Wahrscheinlichkeit p_{ij} ausgedrückt und kann somit Werte zwischen 0 und 1 annehmen.

10

Die Größe des Wertes p_{ij} bestimmt sich durch folgende Kriterien:

- Initialisiere p_{ij} mit $p_{ij} := (n-1)^{-1}$
- $p_{ii} := 0$, MP_i soll nicht an sich selbst verteilen.
- 15 - Falls $MP_{bij} = NORMAL$: $p_{ij} \rightarrow p_{ij} + 0.25/n$, $j=1, \dots, n$, $i \neq j$. Das alte p_{ij} kann vergrößert werden, weil auf dem Prozessor MP_j noch Platz ist.
- Falls $MP_{bij} = HIGH$: $p_{ij} \rightarrow p_{ij} - 0.25/n$. Das alte p_{ij} muß verkleinert werden, weil MP_j voll ausgelastet ist.
- 20 - Falls $MP_{bij} = OVERLOAD$: $p_{ij} = 0$. Es soll keine Last an überlastete Prozessoren MP_n abgeben werden.

Die neu bestimmten p_{ij} müssen noch normiert werden:

25 Setze $p_{sum} = \text{summe}(p_{ij})$ über $j=1, \dots, n$
und normiere (falls $p_{sum} > 0$) mit $p_{ij} \rightarrow p_{ij}/p_{sum}$

Anschließend wird die Verteilungsquote q_i mit den folgenden Kriterien bestimmt:

- 30 - Initialisierungswert: $q_i = 0.1$
- Falls der $MP_{is_i} = EXTREME$: $q_i = 0.1$. Dieser MP ist so stark überlastet, daß ihn auch der Eigenanteil für einen verteilten Call überfordern würde. Deshalb kein Load Balancing, sondern nur Abwehr; das Load Balancing ist zudem aus systemtechnischen Gründen der Vermittlungsstelle nicht sinnvoll.

16

- Falls $p_{sum} > 1$, kann offenbar mehr Last verteilt werden.

Dann kann q_i nach den Erfordernissen des MP_i bestimmt werden, mit:

1. Falls der $OL_i > 0$, q_i auf jeden Fall vergrößern mit: $q_i \rightarrow \min \{q_i + 0.15, 1\}$
2. Falls $Y_i > threshold_N$, q_i vergrößern mit: $q_i \rightarrow \min \{q_i + 0.15, 1\}$
3. Falls $Y_i < threshold_N$, q_i verkleinern mit: $q_i \rightarrow \max \{q_i - 0.10, 0.1\}$.

10 4. Andernfalls, falls $threshold_N < Y_i < threshold_H$ gilt:

$$q_i \rightarrow \min \{ \max \{ q_i + (0.25 / (threshold_H - threshold_N)) * (Y_i - threshold_N) - 0.1, 0.1 \}, 1.0 \}$$

Dies ist die lineare Interpolation zwischen der obigen Vergrößerung um 0.15 und der obigen Verkleinerung um 0.1. Die Formel ist nochmals in besser lesbarer Weise in der Figur 3 dargestellt.

20 - Falls $p_{sum} < 1$, wurde offenbar zuviel Last verteilt und q_i muß verkleinert werden mit: $q_i \rightarrow q_i * p_{sum}$.

- Der Prozessor MP_i verteilt Last an andere Prozessoren MP_k , wenn $q_i > 0.25$ wird.

25 Das erfindungsgemäße Verfahren weist somit die folgenden Eigenschaften und Vorteile auf:

30 Ein sehr geringer Informationsoverhead zwischen den am Lastverteilungsverfahren beteiligten Prozessoren. Gegenseitig bekannt sind nur wenige, vorzugsweise dreiwertige Lastzustände, die nur einmal pro Kontrollintervall aktualisiert und verteilt werden.

35 Für jeden Prozessor gibt es eine Quote, die jedes Kontrollintervall aktualisiert wird und die den Anteil der

GEÄNDERTES BLATT

Last regelt, die vom betrachteten Prozessor an die anderen beteiligten Prozessoren verteilt werden soll.

5 Für jeden Prozessor gibt es Einzelregulatoren, welche die zu verteilende Last auf die anderen Prozessoren aufteilen.

Das Verfahren ist nicht nur als "Feuerwehrmaßnahme" konzipiert, das erst wirksam wird, wenn ein Prozessor in Überlast gerät und gegebenenfalls Aufgaben (Calls) abgewehrt 10 werden, sondern es setzt die Lastverteilung früher und weicher ein. Dadurch können Dauerschieflastzustände besser und mit weniger abgewiesenen Aufgaben (Calls) verarbeitet werden.

15 Im erfindungsgemäßen Verfahren werden die Lastzustände, die an die anderen Prozessoren verteilt werden, konsequent anhand der geschätzten angebotenen Last und nicht anhand der tatsächlich bearbeiteten Last ermittelt.

20 Das Verfahren benötigt kein Load Balancing Flag, das den Einstieg in die Lastverteilung regelt. Der Einstieg wird über die Verteilquote q_i geregelt. Weiterhin sind durch das Fehlen eines Load Balancing Flags gegenseitige Abhängigkeiten zwischen den Lastzuständen und dem Load Balancing Flag 25 eliminiert worden. Dadurch ist eine nachträgliche Anpassung des Algorithmus an veränderte Bedingungen leichter möglich.

30 Die lastabhängige Veränderung der Einzelregulatoren (Lastverteilungsfaktoren p_{ij}) geschieht in Abhängigkeit von der Anzahl n der an der Lastverteilung beteiligten Prozessoren. Somit ist das Verfahren unabhängig von der Anzahl der beteiligten Prozessoren.

35 Die lastabhängige Veränderung der Verteilungsquoten und der Einzelregulatoren pro Kontrollintervall geschieht so, daß ein zu langsames "Heranschleichen" an den optimalen Wert vermieden wird.

Die lastabhängige Veränderung der Einzelregulatoren vermeidet ein Verharren der Werte auf die Einstellung der vorangegangenen Lastverteilungsperiode während einer Periode 5 ohne Lastverteilung. Es wird vielmehr auf eine Ausgangsstellung zurückgeregelt.

Die aus dem Stand der Technik bekannte Trägheit in der Veränderung der Quoten wurde entfernt, um ein leichteres 10 Nachführen an die tatsächlich vorliegende Lastsituation zu ermöglichen.

Ergänzend ist auf die Definition einiger Begriffe in dieser Anmeldung hinzuweisen:

15 Der Begriff oder Wortbestandteil „Quote“ beschreibt den Bruchteil eines Ganzen mit einem Wertebereich zwischen 0 und 1.

Der Begriff oder Wortbestandteil „Zustand“ beschreibt die 20 augenblickliche Situation oder den augenblicklichen, aktuellen Wert einer Größe. So ist z.B. der Lastzustand eines Prozessors als der Wert der aktuellen Last des Prozessors zu verstehen.

25 Der Begriff Hysterese definiert die Abhängigkeit einer aktuellen Größe von ihren früheren Werten, ihrer Historie oder ihres zeitlichen Verlaufs.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Lastverteilung in einem
Multiprozessorsystem, insbesondere in einem
5 Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, bei
dem anfallende Aufgaben von mehreren Prozessoren MP_i
(mit $i=1,2,\dots,n$) unter Realzeitbedingungen
abgearbeitet werden können, mit folgenden iterativen und
sich in Zeitintervallen CI wiederholenden
10 Verfahrensschritten:

- jeder Prozessor MP_i ermittelt seine tatsächliche aktuelle Last Y_i und schätzt in Abhängigkeit von zuvor mitgeteilten Verteilungsquoten $q_i(\text{alt})$ und dem typischerweise verteilbaren Anteil V einer typischen Aufgabe seine angebotene Last A_i , die zu einem mehrwertigen Lastindikationswert (Balancing Indicator) MP_{bi} führt, wobei die Verteilungsquote q_i den, an andere Prozessoren MP_k verteilbaren, Lastanteil darstellt,
- jeder Prozessor MP_i teilt seinen Lastindikationswert MP_{bi} den jeweils anderen Prozessoren MP_k (mit $k=1,2,\dots,i-1,i+1,\dots,n$) mittelbar oder unmittelbar mit,
- jeder Prozessor MP_i bestimmt seine Lastverteilungswahrscheinlichkeiten p_{ij} (mit $j=1,2,\dots,n$) in Abhängigkeit von den Lastindikationswerten MP_{bk} dieser anderen Prozessoren MP_k ,
- jeder Prozessor MP_i bestimmt seine Verteilungsquote $q_i(\text{neu})$ in Abhängigkeit von seiner tatsächlichen aktuellen Last Y_i und den Lastverteilungsfaktoren p_{ij}

GEÄNDERTES BLATT

20

- jeder Prozessor MP_i verteilt anhand seiner Quote q_i und seiner Lastverteilungsfaktoren p_{ij} seine verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k wenn seine Verteilquote $q_i(\text{neu})$ einen vorgegebenen Wert q_v überschreitet.

5

2. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die geschätzte angebotene Last A_i eines Prozessors MP_i nach der Formel $A_i := Y_i / (1 - q_i V)$ errechnet wird.

10

3. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der mehrwertige Lastindikationswert (balancing indicator) $MPbi_i$ drei diskrete Werte, vorzugsweise die Werte NORMAL, HIGH und OVERLOAD, wobei NORMAL einer Prozessorauslastung von 0 bis 70%, HIGH einer Prozessorauslastung von 70% bis 85% und OVERLOAD einer Prozessorauslastung von 85% bis 100% entspricht, annehmen kann.

20

4. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Lastindikationswert (balancing indicator) $MPbi_i$ bezüglich Änderungen einer Hysterese unterliegt.

25

6. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als typischer verteilbarer Anteil V der durchschnittliche oder maximale verteilbare Anteil einer typischen Aufgabe $CallP$ gilt.

30

7. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der durchschnittliche oder

GEÄNDERTES BLATT

21

maximale verteilbare Anteil einer typischen Aufgabe ständig als gleitender Durchschnitt oder gleitender Maximalwert über eine vorgegebene Zeitspanne t_D ermittelt wird.

5

8. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß für die vorgegebene Zeitspanne t_D gilt: $t_D \gg CI$.

10 9. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als typische Aufgabe eine durchschnittliche oder maximale Aufgabe angenommen wird.

15 10. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die durchschnittliche oder maximale Aufgabe ständig als gleitender Durchschnitt oder gleitender Maximalwert über eine vorgegebene Zeitspanne t_D ermittelt wird.

20

11. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß für die vorgegebene Zeitspanne t_D gilt: $t_D \gg CI$.

25 12. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für den vorgegebenen Wert q_v der Verteilquote q_i , ab dem der Prozessor MP_i verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k verteilt gilt: $0,05 < q_v < 0,3$, vorzugsweise $0,1 < q_v < 0,25$, vorzugsweise $q_v = 0,2$.

22

13. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Berechnung der Verteilquote q_i die folgenden Kriterien erfüllt:

- $p_{ii} := 0$
- 5 - falls MP_{bij} einer mittleren Last entspricht, vorzugsweise $MP_{bij} = \text{NORMAL}$, gilt:
 $p_{ij}(\text{neu}) = p_{ij}(\text{alt}) + p_{c1}/n$, für $j=1, \dots, n$ und $i \neq j$
- falls MP_{bij} einer hohen Last entspricht, vorzugsweise $MP_{bij} = \text{HIGH}$ gilt:
 $p_{ij}(\text{neu}) = p_{ij}(\text{alt}) - p_{c2}/n$, für $j=1, \dots, n$ und $i \neq j$
- 10 - falls MP_{bij} einer Überlast entspricht, vorzugsweise $MP_{bij} = \text{OVERLOAD}$, gilt:
 $p_{ij}(\text{neu}) = 0$
- wobei die p_{ij} ($j=1, \dots, n$) mit der Summe p_{sum} der p_{ij} auf 1 normiert werden und
- 15 - als Initialisierungswert beim Beginn der Verteilungsprozesse alle p_{ij} , ausgenommen p_{ii} , gleich sind.

20 14. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante p_{c1} gilt:
 $0,1 < p_{c1} < 0,5$, vorzugsweise $0,2 < p_{c1} < 0,3$, vorzugsweise $p_{c1} = 0,25$.

25 15. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 13-14, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante p_{c2} gilt: $0,1 < p_{c2} < 0,5$, vorzugsweise $0,2 < p_{c2} < 0,3$, vorzugsweise $p_{c2} = 0,25$.

30 16. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 13-15, dadurch gekennzeichnet, daß der Initialisierungswert der p_{ij} beim Beginn der Verteilungsprozesse gleich $(n-1)^{-1}$ gesetzt wird.

17. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 13-16, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Prozessor MP_i anhand seiner tatsächlichen aktuellen Last Y_i einen mehrwertigen Laststatus (load state) $MP_{l,i}$ bestimmt und die Berechnung der Lastindikationswerte $MP_{b,i}$ die folgenden Kriterien erfüllt:

- falls MP_{L_i} der höchsten Last entspricht gilt:
 $q_i(\text{neu}) = c_{q1}$,
- falls $p_{\text{sum}} \geq 1$ gilt:
 - falls die tatsächliche aktuelle Last Y_i größer als ein vorgegebener Wert threshold_N ist, wird q_i vergrößert mit $q_i = \min\{q_i + c_{q1}, 1\}$,
 - falls die tatsächliche aktuelle Last Y_i kleiner als ein vorgegebener Wert threshold_N ist, wird q_i verkleinert mit $q_i = \max\{q_i - c_{q2}, c_{q3}\}$, mit $0 < c_{q3} < q_v$, vorzugsweise $c_{q3} = 0,1$,
 - andernfalls ($\text{threshold}_N \leq Y_i \leq \text{threshold}_H$) erhält q_i einen Zwischenwert zwischen den beiden oben genannten Alternativen, vorzugsweise durch lineare Interpolation
- falls $p_{\text{sum}} \leq 1$ gilt: $q_i(\text{neu}) = q_i(\text{alt}) * p_{\text{sum}}$.

18. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Laststatus (load state) $MP_{l,i}$ bezüglich Änderungen einer Hysterese unterliegt.

19. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 17 - 18, dadurch gekennzeichnet, daß der mehrwertige Laststatus (load state) $MPls_i$ vier diskrete Werte, vorzugsweise NORMAL (=0 bis 0,7), HIGH (=0,7 bis 0,85), OVERLOAD (=0,85 bis 1) und EXTREME (wenn Laststatus über mehrere CI OVERLOAD) annehmen kann.

20. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 17 - 19, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante c_{q1} gilt: $0,05 < c_{q1} < 0,3$, vorzugsweise $0,1 < c_{q1} < 0,2$, vorzugsweise $c_{q1}=0,15$.

5

21. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 17- 20, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante c_{q2} gilt: $0,05 < c_{q2} < 0,2$, vorzugsweise $c_{q2}=0,10$.

10

22. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 17- 21, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante $threshold_N$ gilt: $0,6 < threshold_N < 0,8$, vorzugsweise $threshold_N = 0,7$.

15

23. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 17- 22, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante $threshold_H$ gilt: $0,7 < threshold_H < 0,95$, vorzugsweise $threshold_H = 0,85$.

20

24. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zur Quantifizierung des Überlastzustandes der Prozessoren ein Überlastwert OL_i der Prozessoren MP_i ermittelt wird, der ein Maß für die Größe der Überlast ist, mit $OL_i=0,1, \dots, m$ und die Verteilquote q_i auf jeden Fall vergrößert wird, falls der Betrag von OL_i größer 0 wird und $q_i(\text{neu}) := \min\{q_i(\text{alt}) + c_{q1}, 1\}$ gesetzt wird.

25

30 25. Multiprozessorsystem, insbesondere eines Kommunikationssystems, mit mehreren Prozessoren MP_i (mit $i=1,2,\dots,n$) zur Ausführung anfallender Aufgaben unter Realzeitbedingungen, wobei:

25

- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seine tatsächliche aktuelle Last Y_i zu bestimmen, und, in Abhängigkeit von zuvor mitgeteilten Verteilungsquoten $q_i(\text{alt})$ und dem typischerweise verteilbaren Anteil V einer typischen Aufgabe, seine angebotene Last A_i zu schätzen, die zu einem mehrwertigen Lastindikationswert (Balancing Indicator) $MPbi_i$ führt, wobei die Verteilungsquote q_i den, an andere Prozessoren MP_k verteilbaren, Lastanteil darstellt,
- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seinen Lastindikationswert $MPbi_i$ den jeweils anderen Prozessoren MP_k (mit $k=1, 2, \dots, i-1, i+1, \dots, n$) mittelbar oder unmittelbar mitzuteilen,
- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seine Lastverteilungswahrscheinlichkeiten p_{ij} (mit $j=1, 2, \dots, n$) in Abhängigkeit von den Lastindikationswerten $MPbi_k$ dieser anderen Prozessoren MP_k zu bestimmen,
- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seine Verteilquote $q_i(\text{neu})$ in Abhängigkeit von seiner tatsächlichen aktuellen Last Y_i zu bestimmen, und
- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um anhand seiner Quote q_i und seiner Lastverteilungsfaktoren p_{ij} seine verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k zu verteilen, wenn seine Verteilquote $q_i(\text{neu})$ einen vorgegebenen Wert q_v überschreitet.

26. Multiprozessorsystem gemäß Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß eines der Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1-24 implementiert ist.

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

Absender: INTERNATIONALE RECHERCHENBEHÖRDE

PCT

An	SIEMENS AG Postfach 22 16 34 80506 München GERMANY
	ZT GG VM Mich P/Ri
	Eing. 08. Juni 2000 <i>Ahle</i>
	GR Frist

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERMITTLUNG DES
INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHTS
ODER DER ERKLÄRUNG

(Regel 44.1 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 99P1082P	Absendedatum (Tag/Monat/Jahr)	05/06/2000
Internationales Aktenzeichen PCT/EP 00/00317	WEITERES VORGEHEN	siehe Punkte 1 und 4 unten
Anmelder	Internationales Anmelde datum (Tag/Monat/Jahr)	17/01/2000
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT		

1. Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß der internationale Recherchenbericht erstellt wurde und ihm hiermit übermittelt wird.

Einreichung von Änderungen und einer Erklärung nach Artikel 19:
Der Anmelder kann auf eigenen Wunsch die Ansprüche der internationalen Anmeldung ändern (siehe Regel 46):

Bis wann sind Änderungen einzureichen?
Die Frist zur Einreichung solcher Änderungen beträgt üblicherweise zwei Monate ab der Übermittlung des internationalen Recherchenberichts; weitere Einzelheiten sind den Anmerkungen auf dem Beiblatt zu entnehmen.

Wo sind Änderungen einzureichen?
Unmittelbar beim Internationalen Büro der WIPO, 34, CHEMIN des Colombettes, CH-1211 Genf 20,
Telefaxnr.: (41-22) 740.14.35

Nähere Hinweise sind den Anmerkungen auf dem Beiblatt zu entnehmen.

2. Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß kein internationaler Recherchenbericht erstellt wird und daß ihm hiermit die Erklärung nach Artikel 17(2)a übermittelt wird.

3. **Hinsichtlich des Widerspruchs** gegen die Entrichtung einer zusätzlichen Gebühr (zusätzlicher Gebühren) nach Regel 40.2 wird dem Anmelder mitgeteilt, daß

- der Widerspruch und die Entscheidung hierüber zusammen mit seinem Antrag auf Übermittlung des Wortlauts sowohl des Widerspruchs als auch der Entscheidung hierüber an die Bestimmungämter dem Internationalen Büro übermittelt worden sind.
- noch keine Entscheidung über den Widerspruch vorliegt; der Anmelder wird benachrichtigt, sobald eine Entscheidung getroffen wurde.

4. **Weiteres Vorgehen:** Der Anmelder wird auf folgendes aufmerksam gemacht:
Kurz nach Ablauf von 18 Monaten seit dem Prioritätsdatum wird die internationale Anmeldung vom Internationalen Büro veröffentlicht. Will der Anmelder die Veröffentlichung verhindern oder auf einen späteren Zeitpunkt verschieben, so muß gemäß Regel 90 bis 90'3 vor Abschluß der technischen Vorbereitungen für die internationale Veröffentlichung eine Erklärung über die Zurücknahme der internationalen Anmeldung oder des Prioritätsanspruchs beim Internationalen Büro eingehen.

Innerhalb von 19 Monaten seit dem Prioritätsdatum ist ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung einzureichen, wenn der Anmelder den Eintritt in die nationale Phase bis zu 30 Monaten seit dem Prioritätsdatum (in manchen Amtern sogar noch länger) verschieben möchte.

Innerhalb von 20 Monaten seit dem Prioritätsdatum muß der Anmelder die für den Eintritt in die nationale Phase vorgeschriebenen Handlungen vor allen Bestimmungämtern vornehmen, die nicht innerhalb von 19 Monaten seit dem Prioritätsdatum in der Anmeldung oder einer nachträglichen Auswahlerklärung ausgewählt wurden oder nicht ausgewählt werden konnten, da für sie Kapitel II des Vertrages nicht verbindlich ist.

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL-2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Lucia Van Pinxteren
---	---

ANMERKUNGEN ZU FORMBLATT PCT/ISA/220

Diese Anmerkungen sollen grundlegende Hinweise zur Einreichung von Änderungen gemäß Artikel 19 geben. Diesen Anmerkungen liegen die Erfordernisse des Vertrags über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens (PCT), der Ausführungsordnung und der Verwaltungsrichtlinien zu diesem Vertrag zugrunde. Bei Abweichungen zwischen diesen Anmerkungen und obengenannten Texten sind letztere maßgebend. Nähere Einzelheiten sind dem PCT-Leitfaden für Anmelder, einer Veröffentlichung der WIPO, zu entnehmen.

Die in diesen Anmerkungen verwendeten Begriffe "Artikel", "Regel" und "Abschnitt" beziehen sich jeweils auf die Bestimmungen des PCT-Vertrags, der PCT-Ausführungsordnung bzw. der PCT-Verwaltungsrichtlinien.

HINWEISE ZU ÄNDERUNGEN GEMÄSS ARTIKEL 19

Nach Erhalt des internationalen Recherchenberichts hat der Anmelder die Möglichkeit, einmal die Ansprüche der internationalen Anmeldung zu ändern. Es ist jedoch zu betonen, daß, da alle Teile der internationalen Anmeldung (Ansprüche, Beschreibung und Zeichnungen) während des internationalen vorläufigen Prüfungsverfahrens geändert werden können, normalerweise keine Notwendigkeit besteht, Änderungen der Ansprüche nach Artikel 19 einzureichen, außer wenn der Anmelder z.B. zum Zwecke eines vorläufigen Schutzes die Veröffentlichung dieser Ansprüche wünscht oder ein anderer Grund für eine Änderung der Ansprüche vor ihrer internationalen Veröffentlichung vorliegt. Weiterhin ist zu beachten, daß ein vorläufiger Schutz nur in einigen Staaten erhältlich ist.

Welche Teile der internationalen Anmeldung können geändert werden?

Im Rahmen von Artikel 19 können nur die Ansprüche geändert werden.

In der internationalen Phase können die Ansprüche auch nach Artikel 34 vor der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde geändert (oder nochmals geändert) werden. Die Beschreibung und die Zeichnungen können nur nach Artikel 34 vor der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde geändert werden.

Beim Eintritt in die nationale Phase können alle Teile der internationalen Anmeldung nach Artikel 28 oder gegebenenfalls Artikel 41 geändert werden.

Bis wann sind Änderungen einzureichen?

Innerhalb von zwei Monaten ab der Übermittlung des internationalen Recherchenberichts oder innerhalb von sechzehn Monaten ab dem Prioritätsdatum, je nachdem, welche Frist später abläuft. Die Änderungen gelten jedoch als rechtzeitig eingereicht, wenn sie dem Internationalen Büro nach Ablauf der maßgebenden Frist, aber noch vor Abschluß der technischen Vorbereitungen für die internationale Veröffentlichung (Regel 46.1) zugehen.

Wo sind die Änderungen nicht einzureichen?

Die Änderungen können nur beim Internationalen Büro, nicht aber beim Anmeldeamt oder der Internationalen Recherchenbehörde eingereicht werden (Regel 46.2).

Falls ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung eingereicht wurde/wird, siehe unten.

In welcher Form können Änderungen erfolgen?

Eine Änderung kann erfolgen durch Streichung eines oder mehrerer ganzer Ansprüche, durch Hinzufügung eines oder mehrerer neuer Ansprüche oder durch Änderung des Wortlauts eines oder mehrerer Ansprüche in der eingereichten Fassung.

Für jedes Anspruchsblatt, das sich aufgrund einer oder mehrerer Änderungen von dem ursprünglich eingereichten Blatt unterscheidet, ist ein Ersatzblatt einzureichen.

Alle Ansprüche, die auf einem Ersatzblatt erscheinen, sind mit arabischen Ziffern zu nummerieren. Wird ein Anspruch gestrichen, so brauchen die anderen Ansprüche nicht neu nummeriert zu werden. Im Fall einer Neunumerierung sind die Ansprüche fortlaufend zu nummerieren (Verwaltungsrichtlinien, Abschnitt 205 b)).

Die Änderungen sind in der Sprache abzufassen, in der die internationale Anmeldung veröffentlicht wird.

Welche Unterlagen sind den Änderungen beizufügen?

Begleitschreiben (Abschnitt 205 b)):

Die Änderungen sind mit einem Begleitschreiben einzureichen.

Das Begleitschreiben wird nicht zusammen mit der internationalen Anmeldung und den geänderten Ansprüchen veröffentlicht. Es ist nicht zu verwechseln mit der "Erklärung nach Artikel 19(1)" (siehe unten, "Erklärung nach Artikel 19 (1)").

Das Begleitschreiben ist nach Wahl des Anmelders in englischer oder französischer Sprache abzufassen. Bei englischsprachigen internationalen Anmeldungen ist das Begleitschreiben aber ebenfalls in englischer, bei französischsprachigen internationalen Anmeldungen in französischer Sprache abzufassen.

ANMERKUNGEN ZU FORMBLATT PCT/ISA/220 (Fortsetzung)

Im Begleitschreiben sind die Unterschiede zwischen den Ansprüchen in der eingereichten Fassung und den geänderten Ansprüchen anzugeben. So ist insbesondere zu jedem Anspruch in der internationalen Anmeldung anzugeben (gleichlautende Angaben zu verschiedenen Ansprüchen können zusammengefaßt werden), ob

- i) der Anspruch unverändert ist;
- ii) der Anspruch gestrichen worden ist;
- iii) der Anspruch neu ist;
- iv) der Anspruch einen oder mehrere Ansprüche in der eingereichten Fassung ersetzt;
- v) der Anspruch auf die Teilung eines Anspruchs in der eingereichten Fassung zurückzuführen ist.

Im folgenden sind Beispiele angegeben, wie Änderungen im Begleitschreiben zu erläutern sind:

1. [Wenn anstelle von ursprünglich 48 Ansprüchen nach der Änderung einiger Ansprüche 51 Ansprüche existieren]: "Die Ansprüche 1 bis 29, 31, 32, 34, 35, 37 bis 48 werden durch geänderte Ansprüche gleicher Nummerierung ersetzt; Ansprüche 30, 33 und 36 unverändert; neue Ansprüche 49 bis 51 hinzugefügt."
2. [Wenn anstelle von ursprünglich 15 Ansprüchen nach der Änderung aller Ansprüche 11 Ansprüche existieren]: "Geänderte Ansprüche 1 bis 11 treten an die Stelle der Ansprüche 1 bis 15."
3. [Wenn ursprünglich 14 Ansprüche existierten und die Änderungen darin bestehen, daß einige Ansprüche gestrichen werden und neue Ansprüche hinzugefügt werden]: Ansprüche 1 bis 6 und 14 unverändert; Ansprüche 7 bis 13 gestrichen; neue Ansprüche 15, 16 und 17 hinzugefügt. "Oder" Ansprüche 7 bis 13 gestrichen; neue Ansprüche 15, 16 und 17 hinzugefügt; alle übrigen Ansprüche unverändert."
4. [Wenn verschiedene Arten von Änderungen durchgeführt werden]: "Ansprüche 1-10 unverändert; Ansprüche 11 bis 13, 18 und 19 gestrichen; Ansprüche 14, 15 und 16 durch geänderten Anspruch 14 ersetzt; Anspruch 17 in geänderte Ansprüche 15, 16 und 17 unterteilt; neue Ansprüche 20 und 21 hinzugefügt."

"Erklärung nach Artikel 19(1)" (Regel 46.4)

Den Änderungen kann eine Erklärung beigefügt werden, mit der die Änderungen erläutert und ihre Auswirkungen auf die Beschreibung und die Zeichnungen dargelegt werden (die nicht nach Artikel 19 (1) geändert werden können).

Die Erklärung wird zusammen mit der internationalen Anmeldung und den geänderten Ansprüchen veröffentlicht.

Sie ist in der Sprache abzufassen, in der die internationale Anmeldung veröffentlicht wird.

Sie muß kurz gehalten sein und darf, wenn in englischer Sprache abgefaßt oder ins Englische übersetzt, nicht mehr als 500 Wörter umfassen.

Die Erklärung ist nicht zu verwechseln mit dem Begleitschreiben, das auf die Unterschiede zwischen den Ansprüchen in der eingereichten Fassung und den geänderten Ansprüchen hinweist, und ersetzt letzteres nicht. Sie ist auf einem gesonderten Blatt einzurichten und in der Überschrift als solche zu kennzeichnen, vorzugsweise mit den Worten "Erklärung nach Artikel 19 (1)".

Die Erklärung darf keine herabsetzenden Äußerungen über den internationalen Recherchenbericht oder die Bedeutung von in dem Bericht angeführten Veröffentlichungen enthalten. Sie darf auf im internationalen Recherchenbericht angeführte Veröffentlichungen, die sich auf einen bestimmten Anspruch beziehen, nur im Zusammenhang mit einer Änderung dieses Anspruchs Bezug nehmen.

Auswirkungen eines bereits gestellten Antrags auf internationale vorläufige Prüfung

Ist zum Zeitpunkt der Einreichung von Änderungen nach Artikel 19 bereits ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung gestellt worden, so sollte der Anmelder in seinem Interesse gleichzeitig mit der Einreichung der Änderungen beim Internationalen Büro auch eine Kopie der Änderungen bei der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde einreichen (siehe Regel 62.2 a), erster Satz).

Auswirkungen von Änderungen hinsichtlich der Übersetzung der internationalen Anmeldung beim Eintritt in die nationale Phase

Der Anmelder wird darauf hingewiesen, daß bei Eintritt in die nationale Phase möglicherweise anstatt oder zusätzlich zu der Übersetzung der Ansprüche in der eingereichten Fassung eine Übersetzung der nach Artikel 19 geänderten Ansprüche an die bestimmten/ausgewählten Ämter zu übermitteln ist.

Nähere Einzelheiten über die Erfordernisse jedes bestimmten/ausgewählten Amts sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

Translation
09/89890
5010

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference 1999P01082WO	FOR FURTHER ACTION		See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)
International application No. PCT/EP00/00317	International filing date (day/month/year) 17 January 2000 (17.01.00)	Priority date (day/month/year) 21 January 1999 (21.01.99)	
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G06F 9/46			
Applicant	SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT		

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>6</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of <u>25</u> sheets.</p> <p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <ul style="list-style-type: none"> I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report II <input type="checkbox"/> Priority III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited VII <input checked="" type="checkbox"/> Certain defects in the international application VIII <input checked="" type="checkbox"/> Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 21 August 2000 (21.08.00)	Date of completion of this report 30 April 2001 (30.04.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

PCT/EP00/00317

I. Basis of the report

1. With regard to the elements of the international application:*

 the international application as originally filed the description:

pages _____, as originally filed

pages _____, filed with the demand

pages _____ 1-18, filed with the letter of 26 February 2001 (26.02.2001)

 the claims:

pages _____, as originally filed

pages _____, as amended (together with any statement under Article 19)

pages _____, filed with the demand

pages _____ 1-26, filed with the letter of 26 February 2001 (26.02.2001)

 the drawings:

pages _____ 1/3-3/3, as originally filed

pages _____, filed with the demand

pages _____, filed with the letter of _____

 the sequence listing part of the description:

pages _____, as originally filed

pages _____, filed with the demand

pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the language, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language _____ which is:

 the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)). the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)). the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

 contained in the international application in written form. filed together with the international application in computer readable form. furnished subsequently to this Authority in written form. furnished subsequently to this Authority in computer readable form. The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished. The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.4. The amendments have resulted in the cancellation of: the description, pages _____ the claims, Nos. _____ the drawings, sheets/fig _____5. This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORTInternational application No.
PCT/EP 00/00317**I. Basis of the report**

1. This report has been drawn on the basis of (Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.):

Contrary to PCT Article 34(2)(b), the following specified amendments introduce facts that go beyond the subject matter of the disclosure in the international application as filed:

The feature of the originally filed Claim 19 and page 6, line 19 of the description that if MP_{1s_i} corresponds to the highest load, then q_i (new) = q_{c1} would be replaced by q_i (new) = c_{q1} in the correspondingly amended Claim 17 and on page 6, line 18 of the description.

There is no basis for this replacement in the original application. It is clear from page 7, line 25 and page 15, lines 19 and 30-31 of the original description in combination with the original Claim 19 that q_{c1} and c_{q1} are different constants with different proposed values.

Therefore, the report is established as if the amendments had not been made.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.
PCT/EP 00/00317

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-26	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-26	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-26	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

Due to the lack of clarity referred to in Box VIII, the following statements are subject to the interpretation of the claims indicated in Box VIII.

Reference is made to the following document:

D1: EP 0 645 702.

D1 is cited in the application. A copy of said document is appended hereto.

1. The subject matter of Claim 1 is novel and inventive under PCT Article 33(2) and (3).

Document D1, distinguishing the current load "a" from the available "load a' actually applying to the processor", discloses (see especially page 6, line 29 to page 9, line 5, Drawings 3 and 4) all essential features of Claim 1 with the following exceptions:

- The use mentioned in Claim 1 of a distributable part V for assessing the available load is not explicitly mentioned in D1 for estimating the corresponding load applying. Because of page 3, lines 26-32 and page 7, lines

55-58 of D1, this feature would be obvious and appears to be suggested by factor "d" in the formula on page 7, line 14 of D1.

- According to D1, each processor distributes its distributable load to other processors if an independent load balancing flag LBF is set (see D1, page 9, lines 2-5), while according to Claim 1 distribution occurs when the distribution quota q_i exceeds a predetermined value q_v . This change from the prior art is not shown in or made obvious by the search report citations or by D1 itself.

At an appropriately selected value q_v , the method in Claim 1 allows for each processor already under a low load to enter load distribution smoothly. In the method of D1, each processor that exceeds a certain overloading is abruptly changed from no distribution to the highest possible degree of distribution, which can lead to load oscillation.

2. The subject matter of the claims dependent on Claim 1 and of independent Claim 25 in combination with the features of Claim 26 is novel and inventive under PCT Article 33(2) and (3) since these claims contain all the essential features of Claim 1.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORTInternational application No.
PCT/EP 00/00317**VII. Certain defects in the international application**

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

The description on page 3 is not consistent with the claims (PCT Rule 5.1(a)(iii)).

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORTInternational application No.
PCT/EP 00/00317**VIII. Certain observations on the international application**

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

The numbering of the claims skips number 5.

Contrary to PCT Article 6 in conjunction with the requirements pertaining to independent claims in PCT Rule 6.3(b), independent Claim 25 does not contain all the features necessary for the definition of the invention.

In addition to the features already specified in Claim 25, the feature of Claim 26 is also essential for the system of Claim 25 in order to solve the problem addressed by the invention since no alternative therefor is evident in the description.

PCT
WELTOORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICH NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



<p>(51) Internationale Patentklassifikation 7 : G06F 9/46</p>	A1	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/43874</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 27. Juli 2000 (27.07.00)</p>	
		<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/00317</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 17. Januar 2000 (17.01.00)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 99101122.2 21. Januar 1999 (21.01.99) EP</p> <p>(71) Anmelder (<i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i>): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Winzelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (<i>nur für US</i>): ROSS, Christopher [GB/DE]; Kirchenstr. 89, D-81675 München (DE). HANSELKA, Peter [DE/DE]; Pidinger Str. 13, D-81379 München (DE). RAICHLER, Gabriele [DE/DE]; Ambacherstr. 39, D-81476 München (DE).</p> <p>(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>
<p>(54) Title: LOAD DISTRIBUTION METHOD FOR A MULTIPROCESSOR SYSTEM AND CORRESPONDING MULTIPROCESSOR SYSTEM</p> <p>(54) Bezeichnung: LASTVERTEILUNGSVERFAHREN EINES MULTIPROZESSORSYSTEMS UND MULTIPROZESSORSYSTEM</p> <p>(57) Abstract</p> <p>The invention relates to a method for distributing a load in a real time multiprocessor system and to a corresponding multiprocessor system. A distribute quota establishing the proportion of the distributable load to actually be distributed is determined on each processor. This distribute quota is redetermined at intervals. The only information which is required by the processors for each interval of time are load value indicators, which depend on an estimated load. Probabilities indicating how the load is transferred from one processor to the others during the load distribution are also determined. Each processor then distributes its distributable load when its distribute quota exceeds a predetermined value, in accordance with said distribute quota and its load distribution factors.</p>			

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lastverteilung in einem Realzeit-Multiprozessorsystem und ein Multiprozessorsystem, wobei auf jedem Prozessor eine Verteilquote geführt wird, die den Anteil der verteilbaren Last, der tatsächlich verteilt werden soll, festsetzt. Die Verteilquote wird in Zeitintervallen neu bestimmt. Die einzige Information, die jedes Zeitintervall von den anderen Prozessoren benötigt wird, sind Lastwertindikatoren, die von einer geschätzten Last abhängen. Zusätzlich werden Wahrscheinlichkeiten geführt, welche angeben, wie bei Lastverteilung Last von einem auf die anderen Prozessoren übertragen wird. Anschliessend verteilt jeder Prozessor anhand seiner Verteilquote und seiner Lastverteilungsfaktoren seine verteilbare Last an andere Prozessoren, wenn seine Verteilquote einen vorgegebenen Wert überschreitet.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	MR	Republik Mazedonien	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauritanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	VN	Vietnam
CG	Kongo	KK	Kenia	NL	Niederlande	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik	NZ	Neuseeland		
CM	Kamerun	KR	Korea	PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Description

Load distribution method of a multiprocessor system, and multiprocessor system

5

The invention relates to a method for load distribution in a multiprocessor system, in particular in a multiprocessor system of a communication system, in which tasks that arise can be processed by a plurality of processors MP_i (where $i=1,2,\dots,n$) under real-time conditions, and to a multiprocessor system, in particular of a communication system, having a load distribution mechanism.

A similar method for load distribution in a multiprocessor system, in particular in a multiprocessor system of a communication system, is disclosed for example in the applicant's European patent application EP 0 645 702 A1. This document discloses a method for load balancing in a multiprocessor system, in particular a multiprocessor system of a communication system, in which tasks that arise can be processed by a plurality of processors under real time conditions, in which case, in order to perform the load balancing, generally the following method steps are mentioned:

- each processor determines its load state in the form of a quantified magnitude,
- the load states of the other processors are communicated to each processor within a time frame,
- depending on its load state exceeding a specific magnitude and depending on the load states of the remaining processors, each processor outputs at least a portion of the tasks arising in it to the remaining processors, and

- the output tasks are divided between the remaining processors in accordance with the load states thereof.

In the exemplary embodiment, the method is 5 concretized to the effect that distribution quotas are calculated during operation continually and before entry into the load distribution, which in this case does not begin until after a specific overload has been reached, according to which distribution quotas the 10 individual processors output their distributable load to other processors in the case of overload. If the system is permanently utilized to capacity in a nonuniform manner, then the load is distributed only in the event of overload of one or more processors. This 15 is accompanied by unnecessary load rejection, however. Reducing the overload threshold to a lower value does not lead to a satisfactory result because then an unnecessarily large amount of load is distributed and oscillation states can arise. This situation emerges 20 from the assumption made there that the overload or the nonuniform loading lasts for a short duration.

It is an object of the invention, therefore, to specify an improved load distribution method for a multiprocessor system which commences in good time and 25 in a "soft" fashion and thereby eliminates permanent unbalanced load states in the load offer without load rejection. Moreover, the intention is also to specify a corresponding multiprocessor system.

The object is achieved on the one hand by means 30 of a method having the method steps of the first method claim and on the other hand by means of a multiprocessor system having the features of the first apparatus claim.

Accordingly, the inventors propose a method for 35 load distribution in a multiprocessor system, in particular in a multiprocessor system of a communication system, in which tasks that arise can be processed by a plurality of processors MP_i (where

GR 99 P 1082

- 2a -

i = 1, 2, . . . , n) under real-time conditions,

having the following iterative method steps that are repeated at time intervals CI:

5 - each processor MP_i determines its actual load state Y_i - determines, if appropriate, directly from this a multi-value load status (load state) MP_{iS_i} - and estimates as a function of previously communicated distribution quotas $q_i(\text{old})$ (where q_i = load proportion to be distributed, if possible, to other processors MP_k) and the typically distributable proportion V of a 10 typical task its offered load A_i , which leads to a multi-value load indication value (balancing indicator) MP_{bi_i} ,

15 - each processor MP_i indirectly or directly communicates its load indication value MP_{bi_i} to the respective other processors MP_k (where $k = 1, 2, \dots, i-1, i+1, \dots, n$),

20 - each processor MP_i determines its load distribution factors p_{ij} (where $j = 1, 2, \dots, n$) as a function of the load indication values MP_{bi_k} of said other processors MP_k ,

25 - each processor MP_i determines its distribution quota $q_i(\text{new})$ as a function of its actual load state Y_i and the load distribution factors p_{ij} ,

30 - on the basis of its quota q_i and its load distribution factors p_{ij} , each processor MP_i distributes its distributable load to other processors MP_k if its distribution quota $q_i(\text{new})$ exceeds a predetermined value q_v .

In order to estimate the offered load A_i of a processor MP_i , it is advantageous to use the formula $A_i := Y_i / (1 - q_i V)$.

It is also advantageous to subdivide the multi-value load indication value (balancing indicator) MP_{bi_i} into three

discrete values, preferably the following demarcation with threshold values holding true: NORMAL for MP_{bii} if the processor capacity utilization is from 0 to 70%, HIGH for MP_{bii} if the processor capacity utilization is 5 from 70% to 85%, and OVERLOAD for MP_{bii} if the processor capacity utilization is above 85%.

It is also advantageous if a hysteresis is introduced in the case of a load state alteration on account of threshold value overshooting or threshold 10 value undershooting in the case of rising or falling processor capacity utilization.

Moreover, it may be advantageous if the load indication value (balancing indicator) MP_{bii} is subject to a temporal hysteresis with regard to changes and 15 thus experiences a certain inertia. Values of 1 to 2 time intervals CI can advantageously be assumed as hysteresis limit.

With regard to the multi-value load status (load state) MP_{lsi}, the assumption of four discrete 20 values is proposed as being particularly preferred, the following preferably being assumed: NORMAL for MP_{lsi} if the processor capacity utilization lies below 70%, HIGH for MP_{lsi} if the processor capacity utilization is from 70% to 85%, OVERLOAD for MP_{lsi} if the processor 25 capacity utilization lies above 85%, and EXTREME for MP_{lsi} if the load state OVERLOAD permanently prevails. In this case, too, it may be advantageous if the load status (load state) MP_{lsi} is subject to a hysteresis with regard to changes. Values of 1 to 2 time intervals 30 CI can advantageously be assumed as hysteresis limit.

Further advantageous assumptions in the performance of the method according to the invention are: the typical distributable proportion V of a typical task shall be the average

or maximum proportion, and an average or maximum processing time of a task shall be assumed as the typical processing time of a task. In this case, the respective average value or maximum value of a proportion and respectively of a task can also advantageously be continually determined during the operating time and, if appropriate, be incorporated as a moving value and be adopted in updated form into the load distribution method. It is favorable here if the time duration over which the moving values are determined is long relative to the control interval CI.

It is also particularly advantageous if the following holds true for the predetermined value q_v of the distribution quota q_i starting from which the processor MP_i distributes distributable load to other processors MP_k : $0.05 < q_v < 0.3$, preferably $0.1 < q_v < 0.25$, preferably $q_v = 0.2$.

Furthermore, the method according to the invention can be configured particularly advantageously if the following criteria are satisfied in the calculation of the distribution quota q_i :

- $p_{ii} = 0$
- if MP_{bij} corresponds to an average load, preferably $MP_{bij} = \text{NORMAL}$, the following holds true:
 $p_{ij}(\text{new}) = p_{ij}(\text{old}) + p_{c1}/n$, for $j=1, \dots, n$ and $i \neq j$
- if MP_{bij} corresponds to a high load, preferably $MP_{bij} = \text{HIGH}$, the following holds true:
 $p_{ij}(\text{new}) = p_{ij}(\text{old}) - p_{c2}/n$, for $j=1, \dots, n$ and $i \neq j$
- if MP_{bij} corresponds to an overload, preferably $MP_{bij} = \text{OVERLOAD}$, the following holds true:
 $p_{ij}(\text{new}) = 0$
 - in which case preferably the p_{ij} ($j=1, \dots, n$) is normalized to 1 with the sum p_{sum} of the p_{ij} and

- as initialization value at the beginning of the distribution processes, all p_{ij} , excluding p_{ii} , are identical.

As advantageous numerical values, $0.1 < p_{c1} < 0.5$, 5 preferably $0.2 < p_{c1} < 0.3$ and preferably $p_{c1}=0.25$ may be assumed for the constant p_{c1} . Equally, it is advantageous to set $0.1 < p_{c2} < 0.5$, preferably $0.2 < p_{c2} < 0.3$, preferably $p_{c2}=0.25$ for the constant p_{c2} . Moreover, the initialization value of the p_{ij} at the beginning of the 10 distribution processes can be set to be equal to $(n-1)^{-1}$.

Furthermore, the method according to the invention can be configured particularly advantageously if the following criteria are satisfied in the calculation of the load indication values MPb_{ii} :

15 - if MP_{ls_i} corresponds to the highest load, preferably $MP_{ls_i}=EXTREME$, the following holds true:

$$q_i(\text{new}) = q_{c1},$$

- if $p_{sum} \geq 1$ holds true:

20 - if the actual load state Y_i is greater than a predetermined value $threshold_H$, q_i is increased where $q_i = \min\{q_i + c_{q1}, 1\}$,

- if the actual load state Y_i is less than a predetermined value $threshold_N$, q_i is decreased where $q_i = \max\{q_i - c_{q2}, c_{q3}\}$, where $0 < c_{q3} < c_v$, preferably $c_{q3}=0.1$,

25 - otherwise ($threshold_N \leq Y_i \leq threshold_H$), q_i obtains an intermediate value between the two alternatives mentioned above, preferably by linear interpolation

- if $p_{sum} \leq 1$ holds true: $q_i(\text{new}) = q_i(\text{old}) * p_{sum}$.

30 For optimal configuration of the method, the following ranges of numbers of numerical values are preferred for the constant c_{q1} :

$0.05 < c_{q1} < 0.3$, preferably $0.1 < c_{q1} < 0.2$, preferably $c_{q1}=0.15$. Moreover, preferably $0.05 < c_{q2} < 0.2$, preferably $c_{q2}=0.10$ can be assumed for the constant c_{q2} .

With regard to the constant $threshold_N$, the
5 following is regarded as a preferred range of values:
 $0.6 < threshold_N < 0.8$, preferably $threshold_N=0.7$.

With regard to the constant $threshold_H$, the following is regarded as a preferred range of values:
 $0.7 < threshold_H < 0.95$, preferably $threshold_H=0.85$.

10 Another configuration of the method according to the invention provides for an overload value OL_i of the processors MP_i to be additionally determined in each time interval CI , which value is a measure of the magnitude of the overload and serves as a benchmark for
15 overload rejection, where $OL_i=0,1,\dots,m$ and the distribution quota q_i to be increased in any case if $OL_i>0$ where $q_i(\text{new}) := \min\{q_i(\text{old}) + c_{q1}, 1\}$.

According to the invention, it is also possible
20 to adapt the load distribution method to changing boundary conditions by the above-specified constants ($q_v, p_{c1}, p_{c2}, q_{c1}, q_{c2}, threshold_N, threshold_H, c_{q1}, c_{q2}, c_{q3}$) being at least partly adapted during operation.

The invention additionally proposes a multiprocessor system, in particular of a communication
25 system, having a plurality of processors MP_i (where $i=1,2,\dots,n$) for executing tasks that arise under real-time conditions, in which case:

- each processor MP_i has means for determining its actual load state Y_i , -

if appropriate for determining directly from this a multi-value load status (load state) MP_{1s_i} - and for estimating as a function of previously communicated distribution quotas $q_i(\text{old})$ (where q_i =load proportion to be distributed, if possible, to other processors MP_k) and the typically distributable proportion V of a typical task its offered load A_i , which leads to a multi-value load indication value (balancing indicator) MP_{bi_i} ,

10 - each processor MP_i has means for indirectly or directly communicating its load indication value MP_{bi_i} to the respective other processors MP_k (where $k = 1, 2, \dots, i-1, i+1, \dots, n$),

15 - each processor MP_i has means for determining its load distribution probabilities p_{ij} (where $j = 1, 2, \dots, n$) as a function of the load indication values MP_{bi_k} of said other processors MP_k ,

20 - each processor MP_i has means for determining its distribution quota $q_i(\text{new})$ as a function of its actual load state Y_i and

25 - each processor MP_i has means for distributing, on the basis of its quota q_i and its load distribution factors p_{ij} , its distributable load to other processors MP_k if its distribution quota $q_i(\text{new})$ exceeds a predetermined value q_v .

According to the invention, the multiprocessor system proposed above can be configured such that one of the abovementioned methods is implemented in each case, the implementation being effected by corresponding programming of the processors.

It should also be pointed out that the index (old) relates in each case to the values of the preceding iteration step, and the index (new) relates to the now current iteration step.

5 The particular advantage of the method according to the invention and of the corresponding multiprocessor system is that, in contrast to the prior art mentioned in the introduction, it ensures a "soft" entry into the load distribution and, as a result, is
10 more adaptable and less susceptible to unbalanced load situations, and oscillation states are avoided better. Ultimately, this reduces the probability of the rejection of tasks, in particular switching tasks.

15 Further configurations, additional features and advantages of the invention emerge from the following description of a preferred exemplary embodiment with reference to the drawings.

20 It is understood that the features of the invention that have been mentioned above and will be explained below can be used not only in the combination respectively specified but also in other combinations or by themselves, without departing from the scope of the invention.

Specifically, in the figures:

25 Figure 1: shows a flow diagram of the arising and distributed load offer

Figure 2a: shows a graphical illustration of the decisions for updating the load distribution factors p_{ij}

30 Figure 2b: shows a graphical illustration of the decisions for updating the distribution quotas q_i

Figure 3: shows a formula for linear interpolation of q_i .

The method according to the invention (normal load balancing=NLB) is a load balancing method in which quotas are set and which runs on a multiprocessor system, in particular in a switching center of a communication system, for distributing operating loads that arise between the respective other processors, and is intended to ensure that lengthy unbalanced load situations are eliminated and as far as possible all requested tasks are processed in the shortest possible time. A particularly advantageous embodiment of this method will be described below.

Each processor MP_i where $i=1,2,\dots,n$ carries a distribution quota q_i , which fixes the proportion V of the distributable load which is actually to be distributed. Such a quota enables a softer entry or exit from the load distribution to other processors. Oscillation states and load fluctuations are avoided in this way. This may be the case, for example, if a processor distributes so much load to another processor that the latter is in turn overloaded.

The distribution quota q_i is determined anew at each time interval CI . The only information required by the other processors MP_k where $k=1,\dots,i-1,i+1,\dots,n$ for each CI are load value indicators (balancing indicators) $MPbi_i$. These load value indicators are - similarly to the load status values (load states) from the load control - load states having the significances NORMAL, HIGH or OVERLOAD. While the load state is determined on the basis of the actually processed load Y_i of the processor MP_i , the load value indicator $MPbi_i$ is determined from an estimation of the currently offered load A_i . The estimated offered load A_i may, due to load distribution, be considerably more than the actually processed load Y_i and constitutes the crucial quantity which (in the form of the load value indicator $MPbi_i$) is made available as information by one processor MP_i to the others MP_k .

In addition to the distribution quota q_i , each MP_i carries probabilities p_{ij} which indicate the probability that, in the event of load distribution, load will be transferred from the i -th processor MP_i to 5 the j -th processor MP_j . The probabilities are determined in such a way that if, for instance, the j -th processor MP_j already has a large amount of load to process and, therefore, can only take up a small amount of additional load, the associated p_{ij} is less than the 10 P_{ik} for a free MP_k .

Figure 1 illustrates the interaction of the p_{ij} and q_i . The double indexing "ij" of the characteristic quantities means that the respective processor with the number of the first index (here i) in each case knows a 15 "column" of n values with the second index (here j). It should be noted that each processor only knows its relevant values (that is to say its column), overall a square matrix being known in the system. Thus, for example, p_{ij} is the probability that load will be 20 distributed from the i -th MP to the j -th MP if the i -th MP has too much load.

In Figure 1, moreover, the actually processed load of the j -th processor MP_j is designated by Y_j , the estimated offered load is designated by A_j and that 25 part of the load offer which can be shifted is designated by a . The load situation shown is overload (OVERLOAD) on MP_1 , there still being space for additional tasks on the MP_k where $k=2,3,4$. The figure shows how the MP_1 processes a first part of the load 30 itself and distributes the remainder a . Of this remainder a , the largest proportion goes to MP_3 and the smallest proportion to MP_4 , which, in this example, thus already has a large amount of its own load to process. The loads which the MP_k additionally receive 35 besides that from MP_1 are not depicted. The width of the flow bars represents a measure of the magnitude of the load.

- 11a -

The following algorithm is thus produced in accordance with the concept of the invention: if the j-th processor MP_j reports the balancing indicator NORMAL, the p_{ij} is increased on the MP_i respectively

considered. The probability that this processor MP_i will output load to MP_j if it has to distribute load thus rises. If the balancing indicator HIGH is reported, then the p_{ij} is decreased. If the balancing indicator OVERLOAD is reported, p_{ij} is set to zero, with the result that no load is output to the j -th processor MP_j . The distribution quota q_i is changed following the determination of the p_{ij} . If many of the p_{ij} were able to be increased, then the sum of the p_{ij} over j is greater than 1 and there is evidently still space on the other processors MP_k . The distribution quota q_i can thus be changed according to the requirements of the processor (considered).

The distribution quota q_i is increased in the event of high load Y_i on the processor MP_i considered, and q_i is decreased in the event of low load. If many of the p_{ij} have been reduced, then the sum of the p_{ij} over j is less than 1 and the distribution quota q_i must be reduced.

An illustration of these decisions is represented in figures 2 and 2b. The decision diagrams show the updating algorithms for p_{ij} (Figure 2a) and for distribution quota q_i (Figure 2b), which are carried out in each time interval CI for the i -th processor MP_i .

In the load distribution method (NLB) according to the invention, some parameters (constants) are required, the choice of which can greatly influence the behavior in specific load situations. In most cases this results in a conflict between a load distribution method which can react rapidly to load changes, and a stable load distribution method which does not tend toward oscillations and further distribution of tasks. In this case, "further distribution" means the simultaneous distribution of dedicated load and the processing of extrinsic load on one processor.

The following parameter changes bring about a more rapidly reacting NLB:

- the relatively great alteration of q_i where:
 $0.15 < c_{q1}, 0.1 < c_{q2}$

- the relatively great alteration of the p_{ij} where: $0.25 < p_{c1}, 0.25 < p_{c2}$

5 - the relatively late setting of the load indication values MPb_{ii} where: $threshold_H > 0.7$ (i.e. report only in the event of relatively high load 'HIGH' to the other processors MP_k)

10 In detail, the preferred method thus proceeds as follows in a multiprocessor communication computer:

As the duration of the time interval (control interval) CI of the time frame with which the method iteratively proceeds, 1 to 2 seconds is preferably chosen in the case of the presently known 15 multiprocessor systems appertaining to switching technology. It goes without saying that the time interval can be shortened with rising processor power.

The quantities q_i, p_{ij}, MP_{ls_i} and $MP_{b_{ij}}$ are updated in each control interval CI.

20 The actually processed load Y_i of a processor MP_i is determined as processor run time quantity, measured in erlangs.

25 The estimated offered load A_j of a processor MP_i is determined from the distribution quota q_i of the current control interval CI and the estimated distributable proportion of an average task, for example the processing of a call.

The following holds true:

30 The number of processors MP_i in the multiprocessor system is n .

$A_i := Y_i / (1 - q_i V)$, where V is the distributable proportion of a call.

35 MP_{ls_i} : load state of the i -th MP, can assume the values NORMAL, HIGH, OVERLOAD or EXTREME. The actually processed load Y_i is used to calculate the load state.

In order to avoid premature changes of the $MP_{i,j}$, hysterese are introduced. If, for instance, the $MP_{i,j}$ is set from NORMAL to HIGH, it must be the case that $Y_i > threshold_N + \Delta_+$, whereas, in order to get from 5 HIGH to NORMAL, it must be the case that $Y_i < threshold_N - \Delta_-$. This procedure is also known as the high water-low water method. In the case of EXTREME, the distribution method (load balancing) must be switched off for this processor MP_i , for system 10 engineering reasons relating to the switching center.

$threshold_N$: is the normal load threshold - after taking a hysteresis into account, the $MP_{i,j}$ is recorded as NORMAL below the said threshold and as HIGH above said threshold.

15 $threshold_H$: High load threshold - after taking a hysteresis and a load-dependent temporal delay (start indicator) into account, the $MP_{i,j}$ is recorded as HIGH below this threshold and as OVERLOAD above said threshold.

20 The load indication value (balancing indicator) $MP_{b,i}$ of the i -th processor MP_i can assume the values NORMAL, HIGH or OVERLOAD. This value is calculated like the $MP_{i,j}$, except that here, instead of the actual load Y_i , the estimated offered load A_i is taken as a basis 25 and other values are adopted for Δ_+ and Δ_- , where $\Delta_+ = \Delta_- = 0.02$.

30 In addition, an Overload Level OL_i of the processor MP_i is determined, which can assume the values 0... 6 and is conceived as quantification of the overload state of the processor MP_i . If the $OL_i > 0$, calls are rejected; the higher the value, the greater the probability that a call will be rejected.

35 The load which is to be distributed from MP_i to MP_j is expressed as a probability p_{ij} and can thus assume values between 0 and 1.

The magnitude of the value p_{ij} is determined by the following criteria:

- 15 -

- initialize p_{ij} where $p_{ij}:=(n-1)^{-1}$
- $p_{ii} = 0$, MP_i should not distribute to itself.
- If $MP_{bij} = NORMAL$: $p_{ij} \rightarrow p_{ij} + 0.25/n$,
5 $j=1, \dots, n$, $i \neq j$. The old p_{ij} can be increased because
there is still space on the processor MP_j .
- If $MP_{bij} = HIGH$: $p_{ij} \rightarrow p_{ij} - 0.25/n$. The old p_{ij}
must be decreased because MP_j is utilized to full
capacity.
- If $MP_{bij} = OVERLOAD$: $p_{ij} = 0$. No load should be
10 output to overloaded processors MP_n .

The newly determined p_{ij} must still be normalized:

Set $p_{sum} = \sum (p_{ij})$ over $j=1, \dots, n$ and normalize
(if $p_{sum} > 0$) where $p_{ij} \rightarrow p_{ij}/p_{sum}$

15 Afterward, the distribution quota q_i is determined using the following criteria:

- Initialization value: $q_i = 0.1$
- If the $MP_{i,1} = EXTREME$: $q_i = 0.1$. This MP is
20 overloaded so severely that even its own proportion for
a distributed call would overtax it. Therefore, no load
balancing, rather only rejecting; load balancing is not
practical, moreover, for system engineering reasons
relating to the switching center.

- If $p_{sum} > 1$, more load can evidently be
25 distributed. q_i can then be determined according to the
requirements of the MP_i , where:

1. If the $OL_i > 0$, increase q_i in any case,
where: $q_i \rightarrow \min \{q_i + 0.15, 1\}$

2. If $Y_i > threshold_H$, increase q_i , where:
30 $q_i \rightarrow \min \{q_i + 0.15, 1\}$

3. If $Y_i < threshold_N$, decrease q_i , where:
 $q_i \rightarrow \max \{q_i - 0.10, 0.1\}$

4. Otherwise, if $threshold_N < Y_i < threshold_H$
the following holds true:

35 $q_i \rightarrow \min \{ \max \{q_i + (0.25/threshold_H - threshold_N) * (Y_i - threshold_N) - 0.1, 0.1\}, 1.0 \}$

This is the linear interpolation between the above increase by 0.15 and the above decrease by 0.1. The formula is represented again more readably in figure 3.

5 - If $p_{sum} < 1$, evidently too much load was distributed and q_i must be decreased, where: $q_i \rightarrow q_i * p_{sum}$.

- The processor MP_i distributes load to other processors MP_k if it becomes the case that $q_i > 0.25$.

10 The method according to the invention thus has the following properties and advantages:

15 A very small information overhead between the processors participating in the load distribution method. Only a few, preferably three-value, load states are reciprocally known, which load states are updated and distributed only once per control interval.

20 For each processor there is a quota which is updated in each control interval and regulates the proportion of the load which is to be distributed from the processor considered to the other processors involved.

For each processor there are individual regulators which divide between the other processors the load that is to be distributed.

25 The method is not only designed as a "fire-fighting measure" which only takes effect when a processor reaches overload and, if appropriate, tasks (calls) are rejected, rather the load distribution commences earlier and in a softer fashion. As a result, 30 continuous unbalanced load states can be processed better and with fewer rejected tasks (calls).

In the method according to the invention, the load states which are distributed to the other processors are consistently determined on the basis of the estimated offered load and not on the basis of the 5 actually processed load.

The method does not require a load balancing flag which regulates entry into the load distribution. The entry is regulated by way of the distribution quota q_i . Furthermore, mutual dependencies between the load 10 states and the load balancing flag have been eliminated as a result of the absence of a load balancing flag. As a result, the algorithm can more easily be subsequently adapted to changed conditions.

The load-dependent alteration of the individual 15 regulators (load distribution factors p_{ij}) takes place as a function of the number n of processors participating in the load distribution. Consequently, the method is independent of the number of processors involved.

20 The load-dependent alteration of the distribution quotas and of the individual regulators per control interval takes place in such a way as to avoid excessively slow "creeping" to the optimum value.

The load-dependent alteration of the individual 25 regulators prevents the values from staying at the setting of the preceding load distribution period during a period without load distribution. Rather, there is regulation back to an initial setting.

30 The inertia - known from the prior art - in the alteration of the quotas has been removed in order to enable easier tracking to the load situation that is actually present.

Patent claims

1. A method for load distribution in a multiprocessor system, in particular in a multiprocessor system of a communication system, in which tasks that arise can be processed by a plurality of processors MP_i (where $i = 1, 2, \dots, n$) under real-time conditions, having the following iterative method steps that are repeated at time intervals CI:

10 - each processor MP_i determines its actual load state Y_i - determines, if appropriate, directly from this a multi-value load status (load state) MP_{ls_i} - and estimates as a function of previously communicated distribution quotas $q_i(\text{old})$ (where q_i = load proportion to be distributed, if possible, to other processors MP_k) and the typically distributable proportion V of a typical task its offered load A_i , which leads to a multi-value load indication value (balancing indicator) MP_{bi_i} ,

20 - each processor MP_i indirectly or directly communicates its load indication value MP_{bi_i} to the respective other processors MP_k (where $k = 1, 2, \dots, i-1, i+1, \dots, n$),

25 - each processor MP_i determines its load distribution probabilities p_{ij} (where $j = 1, 2, \dots, n$) as a function of the load indication values MP_{bi_k} of said other processors MP_k ,

30 - each processor MP_i determines its distribution quota $q_i(\text{new})$ as a function of its actual load state Y_i and the load distribution factors p_{ij}

- on the basis of its quota q_i and its load distribution factors p_{ij} , each processor MP_i distributes its distributable load to other processors MP_k if its distribution quota $q_i(\text{new})$ exceeds a predetermined value q_v .

5. 2. The method as claimed in the preceding claim 1, characterized in that the estimated offered load A_i of a processor MP_i is calculated according to the formula $A_i := Y_i / (1 - q_i V)$.

10. 3. The method as claimed in one of the preceding claims, characterized in that the multi-value load indication value (balancing indicator) $MPbi_i$ can assume three discrete values, preferably NORMAL (=0 to 0.7), HIGH (=0.7 to 0.85) and OVERLOAD (=0.85 to 1).

15. 4. The method as claimed in the preceding claim 3, characterized in that the load indication value (balancing indicator) $MPbi_i$ is subject to a hysteresis with regard to changes.

20. 5. The method as claimed in one of the preceding claims, characterized in that the multi-value load status (load state) $MPls_i$ can assume four discrete values, preferably NORMAL (=0 to 0.7), HIGH (=0.7 to 0.85), OVERLOAD (=0.85 to 1) and EXTREME (if load status over a plurality of CI OVERLOAD).

25. 6. The method as claimed in the preceding claim 3, characterized in that the load status (load state) $MPls_i$ is subject to a hysteresis with regard to changes.

7. The method as claimed in one of the preceding claims, characterized in that the value of the actual load Y_i is proportional to the processor run time.
8. The method as claimed in one of the preceding 5 claims, characterized in that the average or maximum proportion is regarded as typical distributable proportion V of a typical task $CallP$.
9. The method as claimed in the preceding claim 8, characterized in that the average or maximum proportion 10 of a typical task is continually determined as moving average or moving maximum value over a predetermined time period t_D .
10. The method as claimed in the preceding claim 9, characterized in that the following holds true for the 15 predetermined time period t_D : $t_D \gg CI$.
11. The method as claimed in one of the preceding claims, characterized in that an average or maximum task is assumed as the typical task.
12. The method as claimed in the preceding claim 8, 20 characterized in that the average or maximum task is continually determined as moving average or moving maximum value over a predetermined time period t_D .

13. The method as claimed in the preceding claim 12, characterized in that the following holds true for the predetermined time period t_D : $t_D \gg CI$.

5 14. The method as claimed in one of the preceding claims, characterized in that the following holds true for the predetermined value q_v of the distribution quota q_i starting from which the processor MPi distributes distributable load to other processors MP_k: $0.05 < q_v < 0.3$, preferably $0.1 < q_v < 0.25$, preferably $q_v = 0.2$.

10 15. The method as claimed in one of the preceding claims, characterized in that the calculation of the distribution quota q_i satisfies the following criteria:

- $p_{ii} = 0$

15 - if MP_{bij} corresponds to an average load, preferably MP_{bij} = NORMAL, the following holds true:

$p_{ij}(\text{new}) = p_{ij}(\text{old}) + p_{c1}/n$, for $j=1, \dots, n$ and $i \neq j$

- if MP_{bij} corresponds to a high load, preferably MP_{bij} = HIGH, the following holds true:

20 $p_{ij}(\text{new}) = p_{ij}(\text{old}) - p_{c2}/n$, for $j=1, \dots, n$ and $i \neq j$

- if MP_{bij} corresponds to an overload, preferably MP_{bij} = OVERLOAD, the following holds true:

$p_{ij}(\text{new}) = 0$

25 - in which case preferably the p_{ij} ($j=1, \dots, n$) is normalized to 1 with the sum p_{sum} of the p_{ij} and

- as initialization value at the beginning of the distribution processes, all p_{ij} , excluding p_{ii} , are identical.

30 16. The method as claimed in the preceding claim 15, characterized in that the following holds true for the constant p_{c1} :

0.1< p_{c1} <0.5, preferably 0.2< p_{c1} <0.3, preferably $p_{c1}=0.25$.

17. The method as claimed in one of the preceding claims 15-16, characterized in that the following holds 5 true for the constant p_{c2} : 0.1< p_{c2} <0.5, preferably 0.2< p_{c2} <0.3, preferably $p_{c2}=0.25$.

18. The method as claimed in one of the preceding claims 15-17, characterized in that the initialization value of the p_{ij} at the beginning of the distribution 10 processes is set to be equal to $(n-1)^{-1}$.

19. The method as claimed in one of the preceding claims 15-18, characterized in that the calculation of the load indication values $MPbi_i$ satisfies the following criteria:

15 - if $MPbi_i$ corresponds to the highest load, preferably $MPbi_i=EXTREME$, the following holds true:

$$q_i(\text{new})=q_{c1},$$

- if $p_{sum} \geq 1$ holds true:

20 - if the actual load state Y_i is greater than a predetermined value $threshold_H$, q_i is increased where $q_i=\min\{q_i+c_{q1}, 1\}$,

- if the actual load state Y_i is less than a predetermined value $threshold_N$, q_i is decreased where $q_i=\max\{q_i-c_{q2}, c_{q3}\}$, where $0 < c_{q3} < q_v$, preferably $c_{q3}=0.1$,

25 - otherwise ($threshold_N \leq Y_i \leq threshold_H$), q_i obtains an intermediate value between the two alternatives mentioned above, preferably by linear interpolation

- if $p_{sum} \leq 1$ holds true: $q_i(\text{new})=q_i(\text{old}) * p_{sum}$.

20. The method as claimed in the preceding claim 19, characterized in that the following holds true for the constant c_{q1} : $0.05 < c_{q1} < 0.3$, preferably $0.1 < c_{q1} < 0.2$, preferably $c_{q1} = 0.15$.

5 21. The method as claimed in one of the preceding claims 19-20, characterized in that the following holds true for the constant c_{q2} : $0.05 < c_{q2} < 0.2$, preferably $c_{q2} = 0.10$.

10 22. The method as claimed in one of the preceding claims 19-21, characterized in that the following holds true for the constant threshold_N: $0.6 < \text{threshold}_N < 0.8$, preferably $\text{threshold}_N = 0.7$.

15 23. The method as claimed in one of the preceding claims 19-22, characterized in that the following holds true for the constant threshold_H: $0.7 < \text{threshold}_H < 0.95$, preferably $\text{threshold}_H = 0.85$.

20 24. The method as claimed in one of the preceding claims, characterized in that an overload value OL_i of the processors MP_i is additionally determined, which is a measure of the magnitude of the overload, where $OL_i = 0, 1, \dots, m$ and the distribution quota q_i is increased in any case if $OL_i > 0$ where $q_i(\text{new}) := \min\{q_i(\text{old}) + c_{q1}, 1\}$.

25 25. A multiprocessor system, in particular of a communication system, having a plurality of processors MP_i (where $i = 1, 2, \dots, n$) for executing tasks that arise under real-time conditions, in which case:

- each processor MP_i has means for determining its actual load state Y_i , -

if appropriate for determining directly from this a multi-value load status (load state) MP_{1s_i} - and for estimating as a function of previously communicated distribution quotas $q_i(\text{old})$ (where q_i =load proportion to be distributed, if possible, to other processors MP_k) and the typically distributable proportion V of a typical task its offered load A_i , which leads to a multi-value load indication value (balancing indicator) MP_{bi_i} ,

10 - each processor MP_i has means for indirectly or directly communicating its load indication value MP_{bi_i} to the respective other processors MP_k (where $k = 1, 2, \dots, i-1, i+1, \dots, n$),

15 - each processor MP_i has means for determining its load distribution probabilities p_{ij} (where $j = 1, 2, \dots, n$) as a function of the load indication values MP_{bi_k} of said other processors MP_k ,

20 - each processor MP_i has means for determining its distribution quota $q_i(\text{new})$ as a function of its actual load state Y_i and

25 - each processor MP_i has means for distributing, on the basis of its quota q_i and its load distribution factors p_{ij} , its distributable load to other processors MP_k if its distribution quota $q_i(\text{new})$ exceeds a predetermined value q_v .

26. The multiprocessor system as claimed in claim 25, characterized in that one of the methods as claimed in one of claims 1-24 is implemented.

Abstract

Load distribution method of a multiprocessor system, and multiprocessor system

The invention relates to a method for load distribution in a real-time multiprocessor system and to a multiprocessor system, each processor carrying a distribution quota which fixes the proportion of the distributable load which is actually to be distributed. The distribution quota is determined anew at time intervals. The only information required by the other processors for each time interval are load value indicators, which depend on an estimated load. Probabilities indicating how load is transferred from one processor to the others during load distribution are additionally carried. Afterward, on the basis of its distribution quota and its load distribution factors, each processor distributes its distributable load to other processors if its distribution quota exceeds a predetermined value.

Figure 1

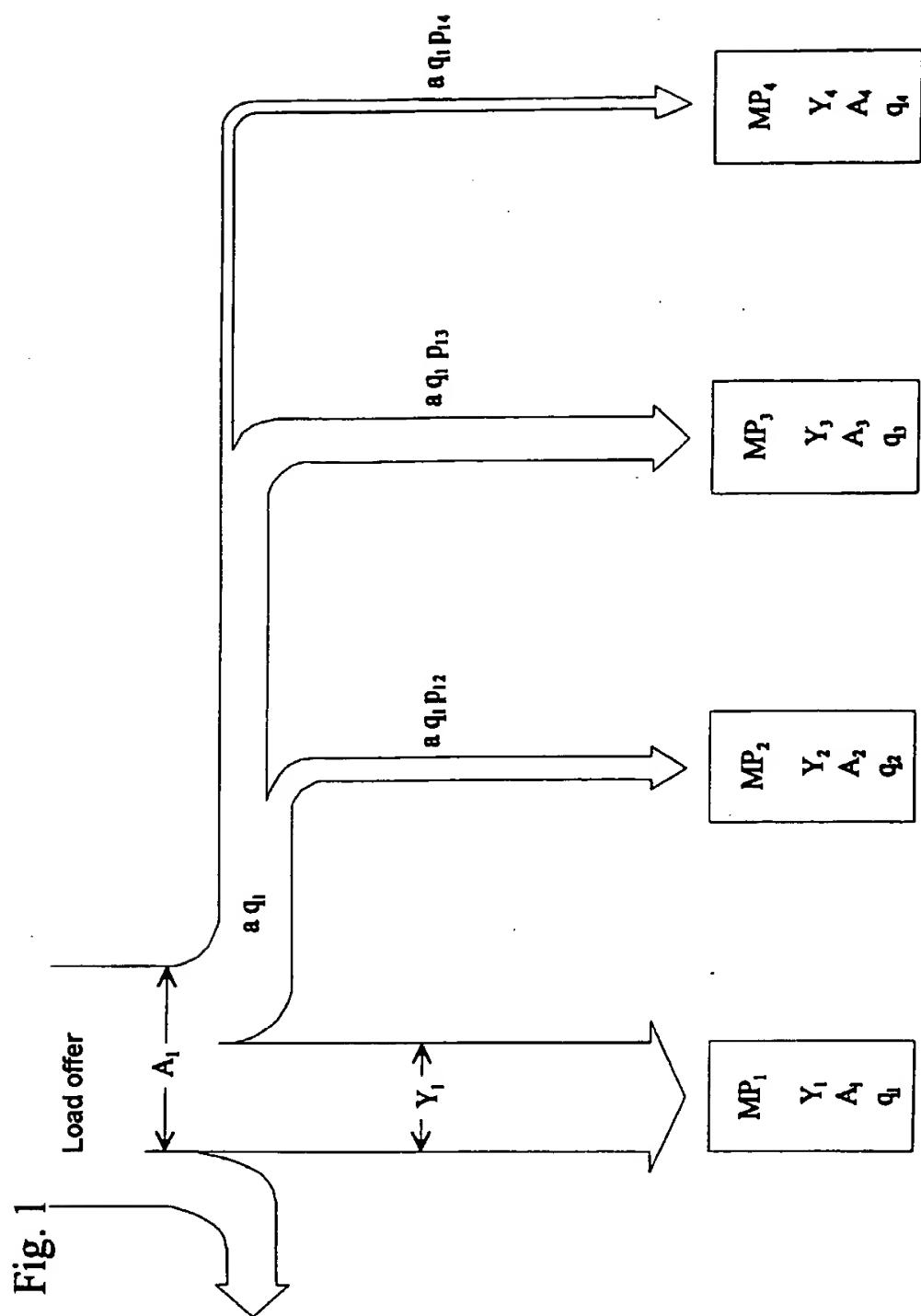


Fig. 2

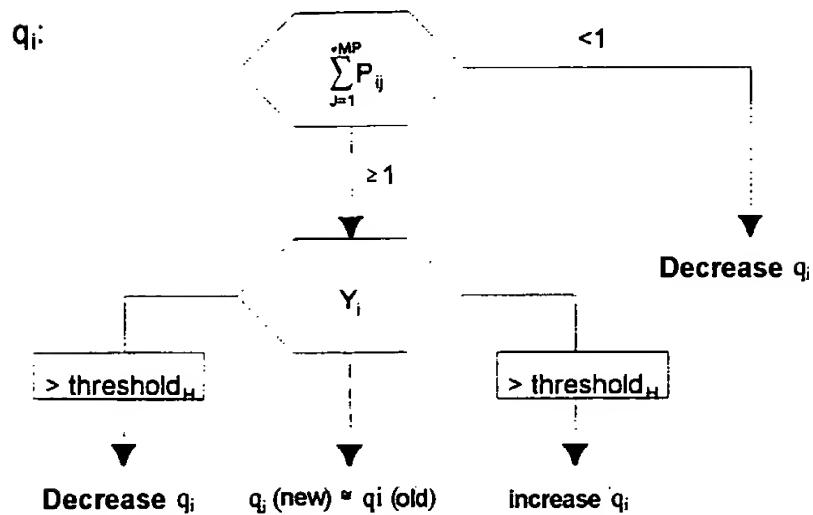
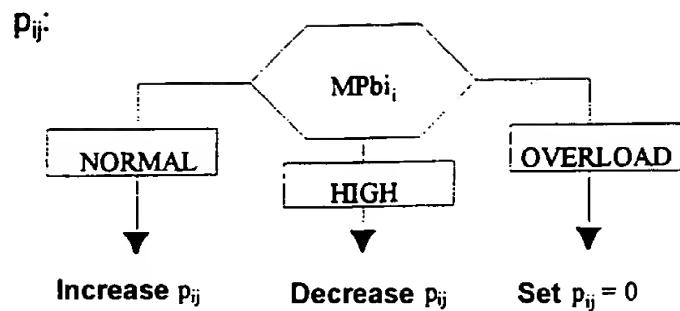


Fig. 3

$$q_i \rightarrow \min \left\{ \max \left\{ q_i + \frac{0.25}{\text{threshold}_H - \text{threshold}_N} (Y_i - \text{threshold}_N) - 0.1, 0.1 \right\}, 1.0 \right\}$$

Beschreibung

Lastverteilungsverfahren eines Multiprozessorsystems und
Multiprozessorsystem

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lastverteilung in einem Multiprozessorsystem, insbesondere in einem Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, bei dem anfallende Aufgaben von mehreren Prozessoren MP_i (mit $i=1,2,\dots,n$) unter Realzeitbedingungen abgearbeitet werden können und ein Multiprozessorsystem, insbesondere eines Kommunikationssystems, mit einem Lastverteilungsmechanismus.

Ein ähnliches Verfahren zur Lastverteilung in einem Multiprozessorsystem, insbesondere in einem Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, ist beispielsweise aus der Europäischen Patentanmeldung EP 0 645 702 A1 der Anmelderin bekannt. Diese Schrift offenbart ein Verfahren zum Lastenausgleich in einem Multiprozessorsystem, insbesondere ein Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, bei dem anfallende Aufgaben von mehreren Prozessoren unter Realzeitbedingungen abgearbeitet werden können, wobei zur Durchführung des Lastausgleiches allgemein die folgenden Verfahrensschritte genannt sind:

25 - jeder Prozessor ermittelt seinen Lastzustand in Form einer quantifizierten Größe,

- jedem Prozessor werden die Lastzustände der anderen Prozessoren innerhalb eines Zeitrasters mitgeteilt,

- jeder Prozessor gibt in Abhängigkeit vom Überschreiten 30 einer bestimmten Größe seines Lastzustandes und in Abhängigkeit von den Lastzuständen der übrigen Prozessoren zumindest einen Teil der bei ihm anfallenden Aufgaben an die übrigen Prozessoren ab, und

- die abgegebenen Aufgaben werden entsprechend den Lastzuständen der übrigen Prozessoren auf diese aufgeteilt.

5 Im Ausführungsbeispiel wird das Verfahren dahingehend konkretisiert, daß im Betrieb ständig und vor dem Einstieg in die Lastverteilung, die hier erst ab dem Erreichen einer bestimmten Überlast beginnt, Verteilungsquoten errechnet werden, nach denen die einzelnen Prozessoren im Fall der Überlast an andere Prozessoren ihre verteilbare Last abgeben.

10 10 Ist das System dauerhaft ungleichmäßig ausgelastet, so wird die Last erst bei Überlast eines oder mehrerer Prozessoren verteilt. Damit geht aber unnötige Lastabwehr einher. Die Reduktion der Überlastschwelle auf einen niedrigeren Wert führt zu keinem befriedigenden Ergebnis, weil dann unnötig

15 15 viel Last verteilt wird und es zu Schwingungszuständen kommen kann. Diese Situation ergibt sich aus der dort getroffenen Annahme, daß die Überlast oder die ungleichmäßige Belastung von kurzer Dauer ist.

20 Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Lastverteilungsverfahren für ein Multiprozessorsystem anzugeben, welches rechtzeitig und "weich" einsetzt und dadurch dauerhafte Schieflastzustände im Lastangebot ohne Lastabwehr bewältigt. Außerdem soll auch ein entsprechendes Multiprozessorsystem angegeben werden.

25 25 Die Aufgabe wird einerseits durch ein Verfahren mit den Verfahrensschritten des ersten Verfahrensanspruches und andererseits durch ein Multiprozessorsystem mit den Merkmalen des ersten Vorrichtungsanspruches gelöst.

30 30 Demgemäß schlagen die Erfinder ein Verfahren zur Lastverteilung in einem Multiprozessorsystem, insbesondere in einem Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, bei dem anfallende Aufgaben von mehreren Prozessoren MP_i (mit

35 35 $i=1, 2, \dots, n$) unter Realzeitbedingungen abgearbeitet werden

können, mit folgenden iterativen und sich in Zeitintervallen CI wiederholenden Verfahrensschritten vor:

- jeder Prozessor MP_i ermittelt seinen tatsächlichen Lastzustand Y_i - bestimmt gegebenenfalls direkt hieraus einen mehrwertigen Laststatus (load state) MP_{ls_i} - und schätzt in Abhängigkeit von zuvor mitgeteilten Verteilungsquoten q_i (alt) (mit $q_i = an$ andere Prozessoren MP_k nach Möglichkeit zu verteilender Lastanteil) und dem typischerweise verteilbaren Anteil V einer typischen Aufgabe seine angebotene Last A_i , die zu einem mehrwertigen Lastindikationswert (Balancing Indicator) MP_{bi_i} führt,
- jeder Prozessor MP_i teilt seinen Lastindikationswert MP_{bi_i} den jeweils anderen Prozessoren MP_k (mit $k=1, 2, \dots, i-1, i+1, \dots, n$) mittelbar oder unmittelbar mit,
- jeder Prozessor MP_i bestimmt seine Lastverteilungsfaktoren p_{ij} (mit $j=1, 2, \dots, n$) in Abhängigkeit von den Lastindikationswerten MP_{bi_k} dieser anderen Prozessoren MP_k ,
- jeder Prozessor MP_i bestimmt seine Verteilungsquote q_i (neu) in Abhängigkeit von seinem tatsächlichen Lastzustand Y_i und den Lastverteilungsfaktoren p_{ij}
- jeder Prozessor MP_i verteilt anhand seiner Quote q_i und seiner Lastverteilungsfaktoren p_{ij} seine verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k , wenn seine Verteilungsquote q_i (neu) einen vorgegebenen Wert q_v überschreitet.

Zur Abschätzung der angebotenen Last A_i eines Prozessors MP_i ist es vorteilhaft, die Formel $A_i := Y_i / (1 - q_i V)$ zu verwenden.

Vorteilhaft ist auch eine Unterteilung des mehrwertigen Lastindikationswertes (balancing indicator) MP_{bi_i} in drei

diskrete Werte, wobei vorzugsweise die folgende Abgrenzung mit Schwellenwerten gilt: NORMAL für $MPbi_i$, wenn die Prozessorauslastung 0 bis 70% beträgt, HIGH für $MPbi_i$, wenn die Prozessorauslastung 70% bis 85% beträgt, und OVERLOAD für 5 $MPbi_i$, wenn die Prozessorauslastung über 85% beträgt.

Vorteilhaft ist es auch, wenn eine Hysterese bei 10 Lastzustandswechsel aufgrund von Schwellenwertüberschreitung oder Schwellenwertunterschreitung bei steigender oder fallender Prozessorauslastung eingeführt wird.

Außerdem kann es vorteilhaft sein, wenn der Lastindikationswert (balancing indicator) $MPbi_i$ bezüglich Änderungen einer zeitlichen Hysterese unterliegt und damit 15 eine gewisse Trägheit erfährt. Als Hysteresegrenze können vorteilhaft Werte von 1 bis 2 Zeitintervallen CI angenommen werden.

Bezüglich des mehrwertigen Laststatus (load state) $MPsi$ wird 20 als besonders bevorzugt die Annahme von vier diskreten Werten vorgeschlagen, wobei vorzugsweise angenommen wird: NORMAL für $MPsi$, wenn die Prozessorauslastung unter 70% liegt, HIGH für $MPsi$, wenn die Prozessorauslastung 70% bis 85%, OVERLOAD für 15 $MPsi$, wenn die Prozessorauslastung über 85% liegt und EXTREME für $MPsi$, wenn dauerhaft der Lastzustand OVERLOAD vorherrscht. Auch hier kann es vorteilhaft sein, wenn der 25 Laststatus (load state) $MPsi$ bezüglich Änderungen einer Hysterese unterliegt. Als Hysteresegrenze können vorteilhaft Werte von 1 bis 2 Zeitintervallen CI angenommen werden.

30 Weitere vorteilhafte Annahmen bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind: der typische verteilbare Anteil V einer typischen Aufgabe soll der durchschnittliche

oder maximale Anteil sein und als typische Bearbeitungszeit einer Aufgabe soll eine durchschnittliche oder maximale Bearbeitungszeit einer Aufgabe angenommen werden.

5 Vorteilhaft kann hierbei der jeweilige Durchschnittswert oder Maximalwert eines Anteils beziehungsweise einer Aufgabe auch während der Betriebszeit ständig ermittelt und gegebenenfalls als gleitender Wert mitgeführt und aktualisiert in das Lastverteilungsverfahren übernommen werden. Günstig ist es hierbei, wenn die Zeitdauer, über die die gleitenden Werte 10 ermittelt werden, groß gegenüber dem Kontrollintervall CI ist.

Besonders vorteilhaft ist es auch, wenn für den vorgegebenen Wert q_v der Verteilungsquote q_i , ab dem der Prozessor MP_i 15 verfügbare Last an andere Prozessoren MP_k verteilt, gilt: $0,05 < q_v < 0,3$, vorzugsweise $0,1 < q_v < 0,25$, vorzugsweise $q_v = 0,2$.

Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren besonders 20 vorteilhaft ausgestaltet werden, wenn bei der Berechnung der Verteilungsquote q_i die folgenden Kriterien erfüllt werden:

- $p_{ii} := 0$
- falls MP_{bi,j} einer mittlere Last entspricht, vorzugsweise 25 MP_{bi,j}=NORMAL, gilt: $p_{ij}(\text{neu}) = p_{ij}(\text{alt}) + p_{c1}/n$, für $j=1, \dots, n$ und $i \neq j$
- falls MP_{bi,j} einer hohen Last entspricht, vorzugsweise MP_{bi,j}=HIGH gilt: $p_{ij}(\text{neu}) = p_{ij}(\text{alt}) - p_{c2}/n$, für $j=1, \dots, n$ und $i \neq j$
- falls MP_{bi,j} einer Überlast entspricht, vorzugsweise 30 MP_{bi,j}=OVERLOAD, gilt: $p_{ij}(\text{neu}) = 0$
- wobei vorzugsweise die p_{ij} ($j=1, \dots, n$) mit der Summe p_{sum} der p_{ij} auf 1 normiert wird und

- als Initialisierungswert beim Beginn der Verteilungsprozesse alle p_{ij} , ausgenommen p_{ii} , gleich sind.

5 Als vorteilhafte Zahlenwerte können für die Konstante p_{c1} $0,1 < p_{c1} < 0,5$, vorzugsweise $0,2 < p_{c1} < 0,3$ und vorzugsweise $p_{c1}=0,25$ angenommen werden. Ebenso ist es vorteilhaft für die Konstante p_{c2} $0,1 < p_{c2} < 0,5$, vorzugsweise $0,2 < p_{c2} < 0,3$, vorzugsweise $p_{c2}=0,25$ zu setzen. Auch kann der

10 Initialisierungswert der p_{ij} beim Beginn der Verteilungsprozesse gleich $(n-1)^{-1}$ gesetzt werden.

Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren besonders
 15 vorteilhaft ausgestaltet werden, wenn bei der Berechnung der Lastindikationswerte MPb_i die folgenden Kriterien erfüllt werden:

- falls MP_{ls_i} der höchsten Last entspricht, vorzugsweise $MP_{ls_i}=EXTREME$, gilt: $q_i(\text{neu})=q_{c1}$,

20 - falls $p_{sum} \geq 1$ gilt:

- falls der tatsächliche Lastzustand Y_i größer als ein vorgegebener Wert $threshold_H$ ist, wird q_i vergrößert mit $q_i=\min\{q_i+c_{q1}, 1\}$,
- falls der tatsächliche Lastzustand Y_i kleiner als ein vorgegebene Wert $threshold_N$ ist, wird q_i verkleinert mit $q_i=\max\{q_i-c_{q2}, c_{q3}\}$, mit $0 < c_{q3} < q_v$, vorzugsweise $c_{q3}=0,1$,

25 - andernfalls ($threshold_N \leq Y_i \leq threshold_H$) erhält q_i einen Zwischenwert zwischen den beiden oben genannten Alternativen, vorzugsweise durch lineare Interpolation

- falls $p_{sum} \leq 1$ gilt: $q_i(\text{neu})=q_i(\text{alt}) * p_{sum}$.

Zur optimalen Ausgestaltung des Verfahrens sind für die Konstante c_{q1} die folgenden Zahlenbereiche und -werte

bevorzugt: $0,05 < c_{q1} < 0,3$, vorzugsweise $0,1 < c_{q1} < 0,2$, vorzugsweise $c_{q1}=0,15$. Außerdem kann für die Konstante c_{q2} vorzugsweise $0,05 < c_{q2} < 0,2$, vorzugsweise $c_{q2}=0,10$ angenommen werden.

5

- Bezuglich der Konstanten $threshold_N$ gilt als bevorzugter Wertebereich: $0,6 < threshold_N < 0,8$, vorzugsweise $threshold_N = 0,7$.
- 10 Bezuglich der Konstanten $threshold_H$ gilt als bevorzugter Wertebereich: $0,7 < threshold_H < 0,95$, vorzugsweise $threshold_H = 0,85$.

Eine andere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens
15 sieht vor, daß zusätzlich in jedem Zeitintervall CI ein Überlastwert OL_i der Prozessoren MP_i ermittelt wird, der ein Maß für die Größe der Überlast ist und als Maßstab zur Überlastabwehr dient, mit $OL_i=0,1, \dots, m$, und die Verteilungsquote q_i auf jeden Fall vergrößert wird, falls
20 $OL_i > 0$ mit $q_i(\text{neu}) := \min\{q_i(\text{alt}) + c_{q1}, 1\}$.

Erfindungsgemäß besteht auch die Möglichkeit, eine Adaption
des Lastverteilungsverfahrens an sich ändernde
Randbedingungen durchzuführen, indem die oben angegebenen
25 Konstanten ($q_v, p_{c1}, p_{c2}, q_{c1}, q_{c2}, threshold_N, threshold_H, c_{q1}, c_{q2}, c_{q3}$) im Betrieb zumindest teilweise angepaßt werden.

Erfindungsgemäß wird außerdem ein Multiprozessorsystem,
insbesondere eines Kommunikationssystems, mit mehreren
30 Prozessoren MP_i (mit $i=1,2,\dots,n$) zur Ausführung anfallender Aufgaben unter Realzeitbedingungen, vorgeschlagen, wobei:

- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seinen tatsächlichen Lastzustand Y_i zu bestimmen, -

gegebenenfalls direkt hieraus einen mehrwertigen
Laststatus (load state) MP_{ls_i} zu bestimmen - und in
Abhängigkeit von zuvor mitgeteilten Verteilungsquoten
 q_i (alt) (mit q_i =an andere Prozessoren MP_k nach
5 Möglichkeit zu verteilender Lastanteil) und dem
typischerweise verteilbaren Anteil V einer typischen
Aufgabe seine angebotene Last A_i zu schätzen, die zu
einem mehrwertigen Lastindikationswert (Balancing
Indicator) MP_{bi_i} führt,

10 - jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seinen
Lastindikationswert MP_{bi_i} den jeweils anderen
Prozessoren MP_k (mit $k=1,2,\dots,i-1,i+1,\dots,n$) mittelbar
oder unmittelbar mitzuteilen,

- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seine
15 Lastverteilungswahrscheinlichkeiten p_{ij} (mit
 $j=1,2,\dots,n$) in Abhängigkeit von den
Lastindikationswerten MP_{bi_k} dieser anderen Prozessoren
 MP_k zu bestimmen,

- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seine
20 Verteilquote q_i (neu) in Abhängigkeit von seinem
tatsächlichen Lastzustand Y_i zu bestimmen, und

- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um anhand seiner
Quote q_i und seiner Lastverteilungsfaktoren p_{ij} seine
verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k zu verteilen,
25 wenn seine Verteilquote q_i (neu) einen vorgegebenen Wert
 q_v überschreitet.

Erfnungsgemäß kann das oben vorgeschlagene
Multiprozessorsystem so ausgestaltet werden, daß jeweils
30 eines der oben genannten Verfahren implementiert ist, wobei
die Implementierung durch eine entsprechende Programmierung
der Prozessoren erfolgt.

Es ist noch darauf hinzuweisen, daß der Index (alt) sich jeweils auf die Werte des vorhergehenden Iterationsschrittes, beziehungsweise der Index (neu) sich auf den jetzt aktuellen Iterationsschritt beziehen.

5

Der besondere Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens und des entsprechenden Multiprozessorsystems liegt darin, daß es im Gegensatz zum eingangs genannten Stand der Technik einen "weichen" Einstieg in die Lastverteilung gewährleistet und

10 dadurch anpassungsfähiger, weniger anfällig gegen Schieflastsituationen ist und Schwingungszustände besser vermieden werden. Im Endeffekt wird hierdurch die Wahrscheinlichkeit für die Abwehr von Aufgaben, insbesondere Vermittlungsaufgaben reduziert.

15

Weitere Ausgestaltungen, zusätzliche Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnungen.

20

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und nachstehend noch zu erläuternden Merkmale der Erfindung nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind,
25 ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Die Figuren zeigen im einzelnen:

Figur 1: Flußbild des anfallenden und verteilten
30 Lastangebotes

Figur 2a: Grafische Darstellung der Entscheidungen zur
Aktualisierung der Lastverteilungsfaktoren p_{ij}

Figur 2b: Grafische Darstellung der Entscheidungen zur
Aktualisierung der Verteilungsquoten q_i

35 Figur 3: Formel zur linearen Interpolation von q_i

Das erfindungsgemäße Verfahren (Normal Load Balancing=NLB) ist ein quotiertes Load Balancing Verfahren, das auf einem Multiprozessorsystem, insbesondere in einer Vermittlungsstelle eines Kommunikationssystems, zur 5 Verteilung anfallender Arbeitslasten auf die jeweils anderen Prozessoren abläuft und sicherstellen soll, daß andauernde Schieflastsituationen bewältigt und möglichst alle angeforderten Aufgaben in möglichst kurzer Zeit abgearbeitet werden. Nachfolgend soll eine besonders vorteilhafte 10 Ausführungsform dieses Verfahrens beschrieben werden.

Auf jedem Prozessor MP_i mit $i=1, 2, \dots, n$ wird eine Verteilquote q_i geführt, die den Anteil V der verteilbaren Last, der tatsächlich verteilt werden soll, festsetzt. Eine 15 solche Quote ermöglicht einen weicheren Ein- beziehungsweise Ausstieg aus der Lastverteilung an andere Prozessoren. Auf diese Weise werden Schwingzustände und Lastschwankungen vermieden. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn ein Prozessor so viel Last an einen anderen verteilt, daß dieser 20 wiederum überlastet wird.

Die Verteilquote q_i wird jedes Zeitintervall CI neu bestimmt. Die einzige Information, die jedes CI von den anderen Prozessoren MP_k mit $k=1, \dots, i-1, i+1, \dots, n$ benötigt wird, sind 25 Lastwertindikatoren (Balancing Indikatoren) $MPbi_i$. Diese Lastwertindikatoren sind - ähnlich wie die Laststatuswerte (Load States) von der Load Control - Lastzustände mit den Wertigkeiten NORMAL, HIGH oder OVERLOAD. Während der Load State anhand der tatsächlich bearbeiteten Last Y_i des 30 Prozessors MP_i bestimmt wird, wird der Lastwertindikatoren $MPbi_i$ aus einer Schätzung der aktuell angebotenen Last A_i ermittelt. Die geschätzte angebotene Last A_i kann durch Lastverteilung erheblich mehr als die tatsächlich bearbeitete Last Y_i sein und stellt die maßgebliche Größe dar, die (in 35 Form des Lastwertindikators $MPbi_i$) ein Prozessor MP_i den anderen MP_k als Information zur Verfügung stellt.

Zusätzlich zur Verteilungsquote q_i werden auf jedem MP_i Wahrscheinlichkeiten p_{ij} geführt, welche die Wahrscheinlichkeit angeben, daß bei Lastverteilung Last vom i-ten Prozessor MP_i auf den j-ten Prozessor MP_j übertragen wird. Die Wahrscheinlichkeiten werden so bestimmt, daß, wenn etwa der j-te Prozessor MP_j schon viel Last zu bearbeiten hat und deshalb nur wenig zusätzliche Last aufnehmen kann, das zugehörige p_{ij} kleiner ist als das p_{ik} für einen freien MP_k .

10 In Figur 1 wird das Zusammenspiel der p_{ij} und q_i veranschaulicht. Die doppelte Indizierung "ij" der Kenngrößen besagt, daß jeweils der Prozessor mit der Nummer des ersten Index (hier i) jeweils eine "Spalte" von n Werten mit dem zweiten Index (hier j) kennt. Es ist zu bemerken, daß jeder 15 Prozessor nur seine relevanten Werte (also seine Spalte) kennt, wobei insgesamt im System eine quadratische Matrix bekannt ist. So ist zum Beispiel p_{ij} die Wahrscheinlichkeit, daß Last vom i-ten MP auf den j-ten MP verteilt wird, wenn der i-te MP zu viel Last hat.

20 In der Figur 1 ist außerdem die tatsächlich bearbeitete Last des j-ten Prozessors MP_j mit Y_j , die geschätzte angebotene Last mit A_j und der Teil des Lastangebotes, der verlagert werden kann, mit a bezeichnet. Die gezeigte Lastsituation ist 25 Überlast (OVERLOAD) auf MP_1 , auf den MP_k mit $k=2,3,4$ ist noch Raum für zusätzliche Aufgaben. Es wird gezeigt, wie der MP_1 einen ersten Teil der Last selbst bearbeitet und den Rest a verteilt. Von diesem Rest a geht der größte Anteil an MP_3 , der kleinste Anteil an MP_4 , der in diesem Beispiel also schon 30 viel eigene Last zu bearbeiten hat. Nicht eingezeichnet sind die Lasten, welche die MP_k außer von MP_1 noch erhalten. Die Breite der Fließbalken stellen ein Maß für die Größe der Last dar.

35 Gemäß dem Erfindungsgedanken ergibt sich also der folgende Algorithmus: Meldet der j-te Prozessor MP_j den Balancing Indikator NORMAL, wird auf dem jeweils betrachteten MP_i das

p_{ij} vergrößert. Es steigt also die Wahrscheinlichkeit, daß dieser Prozessor MP_i Last an MP_j abgibt, wenn er Last verteilen muß. Wird der Balancing Indikator HIGH gemeldet, so wird das p_{ij} verkleinert. Wird der Balancing Indikator 5 OVERLOAD gemeldet, wird p_{ij} auf Null gesetzt, so daß keine Last an den j -ten Prozessor MP_j abgegeben wird. Die Verteilungsquote q_i wird anschließend an die Bestimmung der p_{ij} verändert. Konnten viele der p_{ij} vergrößert werden, so ist die Summe der p_{ij} über j größer 1 und offenbar noch Platz auf 10 den anderen Prozessoren MP_k . Die Verteilungsquote q_i kann also nach den Erfordernissen des (betrachteten) Prozessors verändert werden.

Bei hoher Last Y_i auf dem betrachteten Prozessor MP_i wird die Verteilungsquote q_i vergrößert, bei niedriger Last wird q_i 15 verkleinert. Sind viele der p_{ij} verringert worden, dann ist die Summe der p_{ij} über j kleiner 1 und die Verteilungsquote q_i muß verringert werden.

20 Eine Veranschaulichung dieser Entscheidungen ist in den Figuren 2a und 2b dargestellt. Die Entscheidungsdiagramme zeigen die Aktualisierungsalgorithmen für p_{ij} (Figur 2a) und für Verteilungsquote q_i (Figur 2b), die jedes Zeitintervall CI für den i -ten Prozessor MP_i durchgeführt werden.

25 Bei dem erfindungsgemäßen Lastverteilungsverfahren (NLB) werden einige Parameter (Konstanten) benötigt, deren Wahl das Verhalten in bestimmten Lastsituationen stark beeinflussen kann. Es ergibt sich in den meisten Fällen ein Konflikt zwischen einem Lastverteilungsverfahren, das schnell auf 30 Laständerungen reagieren kann, und einem stabilen Lastverteilungsverfahren, das nicht zu Schwingungen und zum Weiterverteilen von Aufgaben neigt. "Weiterverteilen" bedeutet hier das gleichzeitige Verteilen von eigener Last und das Bearbeiten von fremder Last auf einem Prozessor.

35

Folgende Parameterveränderungen bewirken ein schneller reagierendes NLB:

- Das stärkere Verändern von q_i mit: $0,15 < c_{q1}, 0,1 < c_{q2}$
- Das stärkere Verändern der p_{ij} mit: $0,25 < p_{c1}, 0,25 < p_{c2}$
- Das spätere Setzen der Lastindikationswerte $MPbi_i$ mit: $threshold_H > 0,7$ (d.h. erst bei höherer Last 'HIGH' an die anderen Prozessoren MP_k melden)

Detailliert verläuft das bevorzugte Verfahren bei einem Multiprozessor-Kommunikationsrechner also wie folgt:

10 Als Dauer des Zeitintervalls (Kontrollintervall) CI des Zeitrasters, mit dem das Verfahren iterativ abläuft, wird bei den derzeit bekannten Multiprozessorsystemen der Vermittlungstechnik bevorzugt 1 bis 2 Sekunden gewählt. Es ist selbstverständlich, daß mit steigender Prozessorleistung 15 das Zeitintervall gekürzt werden kann.

Jedes Kontrollintervall CI werden die Größen q_i , p_{ij} , MP_{ls_i} und MP_{bi_j} aktualisiert.

20 Die tatsächlich bearbeitete Last Y_i eines Prozessors MP_i wird als Prozessorlaufzeitgröße, gemessen in Erlang, ermittelt.

Die geschätzte angebotene Last A_j eines Prozessors MP_i wird aus der Verteilquote q_i des aktuellen Kontrollintervalls CI 25 und dem geschätzten verteilbaren Anteil einer durchschnittlichen Aufgabe, zum Beispiel der Abarbeitung eines Calls, ermittelt.

Es gilt:

30 Die Anzahl der Prozessoren MP_i im Multiprozessorsystem ist n .

$A_i := Y_i / (1 - q_i V)$, wobei V der verteilbare Anteil eines Calls ist.

35 MP_{ls_i} : Load State des i -ten MPs, kann die Werte NORMAL, HIGH, OVERLOAD oder EXTREME annehmen. Zur Berechnung des Load States wird die tatsächlich bearbeitete Last Y_i herangezogen.

Zur Vermeidung von vorschnellen Änderungen des MP_{ls_i} werden Hysteresen eingeführt. Wird etwa der MP_{ls_i} von NORMAL auf HIGH gesetzt, muß $Y_i > threshold_N + \Delta_+$ sein, wohingegen, um von HIGH nach NORMAL zu kommen, $Y_i < threshold_N - \Delta_-$ sein muß. Diese Vorgehensweise ist auch als High Water-Low Water Methode bekannt. Bei EXTREME muß aus systemtechnischen Gründen der Vermittlungsstelle das Verteilungsverfahren (Load Balancing) für diesen Prozessor MP_i abgeschaltet werden.

10 $threshold_N$: Ist die Normallastschwelle - nach Berücksichtigung einer Hysterese wird unterhalb dieser der MP_{ls} als NORMAL geführt, oberhalb als HIGH.

15 $threshold_H$: Hochlastschwelle - nach Berücksichtigung einer Hysterese und einer lastabhängigen zeitlichen Verzögerung (Startindikator) wird unterhalb dieser Schwelle der MP_{ls} als HIGH geführt, oberhalb als OVERLOAD.

20 Der Lastindikationswert (Balancing Indikator) MP_{bi_i} des i-ten Prozessors MP_i kann die Werte NORMAL, HIGH oder OVERLOAD annehmen. Dieser wird wie der MP_{ls_i} berechnet, nur wird hier anstelle der tatsächlichen Last Y_i die geschätzte angebotene Last A_i zugrundegelegt und andere Werte für Δ_+ und Δ_- genommen, mit $\Delta_+ = \Delta_- = 0.02$.

25 Zusätzlich wird ein Overload Level OL_i des Prozessors MP_i bestimmt, der die Werte 0...6 annehmen kann und als Quantifizierung des Überlastzustandes des Prozessors MP_i gedacht ist. Ist der $OL_i > 0$, werden Calls abgewehrt, je höher der Wert, desto wahrscheinlicher wird ein Call abgewiesen.

Die Last, die von MP_i nach MP_j verteilt werden soll, wird als Wahrscheinlichkeit p_{ij} ausgedrückt und kann somit Werte zwischen 0 und 1 annehmen.

35 Die Größe des Wertes p_{ij} bestimmt sich durch folgende Kriterien:

- Initialisiere p_{ij} mit $p_{ij} := (n-1)^{-1}$
- $p_{ii} := 0$, MP_i soll nicht an sich selbst verteilen.
- Falls $MP_{bi,j} = \text{NORMAL}$: $p_{ij} \rightarrow p_{ij} + 0.25/n$, $j=1, \dots, n$, $i \neq j$. Das alte p_{ij} kann vergrößert werden, weil auf dem Prozessor MP_j noch Platz ist.
- Falls $MP_{bi,j} = \text{HIGH}$: $p_{ij} \rightarrow p_{ij} - 0.25/n$. Das alte p_{ij} muß verkleinert werden, weil MP_j voll ausgelastet ist.
- Falls $MP_{bi,j} = \text{OVERLOAD}$: $p_{ij} = 0$. Es soll keine Last an überlastete Prozessoren MP_n abgeben werden.

Die neu bestimmten p_{ij} müssen noch normiert werden:

Setze $p_{sum} = \text{summe}(p_{ij})$ über $j=1, \dots, n$
und normiere (falls $p_{sum} > 0$) mit $p_{ij} \rightarrow p_{ij}/p_{sum}$

15

Anschließend wird die Verteilungsquote q_i mit den folgenden Kriterien bestimmt:

- Initialisierungswert: $q_i = 0.1$
- Falls der $MP_{1,i} = \text{EXTREME}$: $q_i = 0.1$. Dieser MP ist so stark überlastet, daß ihn auch der Eigenanteil für einen verteilten Call überfordern würde. Deshalb kein Load Balancing, sondern nur Abwehr; das Load Balancing ist zudem aus systemtechnischen Gründen der Vermittlungsstelle nicht sinnvoll.
- Falls $p_{sum} > 1$, kann offenbar mehr Last verteilt werden. Dann kann q_i nach den Erfordernissen des MP_i bestimmt werden, mit:
 1. Falls der $OL_i > 0$, q_i auf jeden Fall vergrößern mit: $q_i \rightarrow \min \{q_i + 0.15, 1\}$
 2. Falls $Y_i > \text{threshold}_H$, q_i vergrößern mit: $q_i \rightarrow \min \{q_i + 0.15, 1\}$
 3. Falls $Y_i < \text{threshold}_N$, q_i verkleinern mit: $q_i \rightarrow \max \{q_i - 0.10, 0.1\}$.
 4. Andernfalls, falls $\text{threshold}_N < Y_i < \text{threshold}_H$ gilt:

$$q_i \rightarrow \min \{ \max \{ q_i + (0.25 / (\text{threshold}_H - \text{threshold}_N)) * (Y_i - \text{threshold}_N) - 0.1, 0.1 \}, 1.0 \}$$

Dies ist die lineare Interpolation zwischen der obigen Vergrößerung um 0.15 und der obigen Verkleinerung um 0.1. Die Formel ist nochmals in besser lesbarer Weise in der Figur 3 dargestellt.

5

- Falls $p_{sum} < 1$, wurde offenbar zuviel Last verteilt und q_i muß verkleinert werden mit: $q_i \rightarrow q_i * p_{sum}$.
- Der Prozessor MP_i verteilt Last an andere Prozessoren MP_k , wenn $q_i > 0.25$ wird.

10

Das erfindungsgemäße Verfahren weist somit die folgenden Eigenschaften und Vorteile auf:

15

Ein sehr geringer Informationsoverhead zwischen den am Lastverteilungsverfahren beteiligten Prozessoren. Gegenseitig bekannt sind nur wenige, vorzugsweise dreiwertige Lastzustände, die nur einmal pro Kontrollintervall aktualisiert und verteilt werden.

20

Für jeden Prozessor gibt es eine Quote, die jedes Kontrollintervall aktualisiert wird und die den Anteil der Last regelt, die vom betrachteten Prozessor an die anderen beteiligten Prozessoren verteilt werden soll.

25

Für jeden Prozessor gibt es Einzelregulatoren, welche die zu verteilende Last auf die anderen Prozessoren aufteilen.

30

Das Verfahren ist nicht nur als "Feuerwehrmaßnahme" konzipiert, das erst wirksam wird, wenn ein Prozessor in Überlast gerät und gegebenenfalls Aufgaben (Calls) abgewehrt werden, sondern es setzt die Lastverteilung früher und weicher ein. Dadurch können Dauerschieflastzustände besser und mit weniger abgewiesenen Aufgaben (Calls) verarbeitet werden.

35

Im erfindungsgemäßen Verfahren werden die Lastzustände, die an die anderen Prozessoren verteilt werden, konsequent anhand der geschätzten angebotenen Last und nicht anhand der tatsächlich bearbeiteten Last ermittelt.

5

Das Verfahren benötigt kein Load Balancing Flag, das den Einstieg in die Lastverteilung regelt. Der Einstieg wird über die Verteilquote q_i geregelt. Weiterhin sind durch das Fehlen eines Load Balancing Flags gegenseitige Abhängigkeiten zwischen den Lastzuständen und dem Load Balancing Flag eliminiert worden. Dadurch ist eine nachträgliche Anpassung des Algorithmus an veränderte Bedingungen leichter möglich.

Die lastabhängige Veränderung der Einzelregulatoren

15 (Lastverteilungsfaktoren p_{ij}) geschieht in Abhängigkeit von der Anzahl n der an der Lastverteilung beteiligten Prozessoren. Somit ist das Verfahren unabhängig von der Anzahl der beteiligten Prozessoren.

20 Die lastabhängige Veränderung der Verteilungsquoten und der Einzelregulatoren pro Kontrollintervall geschieht so, daß ein zu langsames "Heranschleichen" an den optimalen Wert vermieden wird.

25 Die lastabhängige Veränderung der Einzelregulatoren vermeidet ein Verharren der Werte auf die Einstellung der vorangegangenen Lastverteilungsperiode während einer Periode ohne Lastverteilung. Es wird vielmehr auf eine Ausgangsstellung zurückgeregelt.

30

Die aus dem Stand der Technik bekannte Trägheit in der Veränderung der Quoten wurde entfernt, um ein leichteres Nachführen an die tatsächlich vorliegende Lastsituation zu ermöglichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Lastverteilung in einem Multiprozessorsystem, insbesondere in einem Multiprozessorsystem eines Kommunikationssystems, bei dem anfallende Aufgaben von mehreren Prozessoren MP_i (mit $i=1,2,\dots,n$) unter Realzeitbedingungen abgearbeitet werden können, mit folgenden iterativen und sich in Zeitintervallen CI wiederholenden Verfahrensschritten:
 - jeder Prozessor MP_i ermittelt seinen tatsächlichen Lastzustand Y_i - bestimmt gegebenenfalls direkt hieraus einen mehrwertigen Laststatus (load state) MP_{ls_i} - und schätzt in Abhängigkeit von zuvor mitgeteilten Verteilungsquoten q_i (alt) (mit $q_i=an$ andere Prozessoren MP_k nach Möglichkeit zu verteilender Lastanteil) und dem typischerweise verteilbaren Anteil V einer typischen Aufgabe seine angebotene Last A_i , die zu einem mehrwertigen Lastindikationswert (Balancing Indicator) MP_{bi_i} führt,
 - jeder Prozessor MP_i teilt seinen Lastindikationswert MP_{bi_i} den jeweils anderen Prozessoren MP_k (mit $k=1,2,\dots,i-1,i+1,\dots,n$) mittelbar oder unmittelbar mit,
 - jeder Prozessor MP_i bestimmt seine Lastverteilungswahrscheinlichkeiten p_{ij} (mit $j=1,2,\dots,n$) in Abhängigkeit von den Lastindikationswerten MP_{bi_k} dieser anderen Prozessoren MP_k ,
 - jeder Prozessor MP_i bestimmt seine Verteilungsquote q_i (neu) in Abhängigkeit von seinem tatsächlichen Lastzustand Y_i und den Lastverteilungsfaktoren p_{ij}

- jeder Prozessor MP_i verteilt anhand seiner Quote q_i und seiner Lastverteilungsfaktoren p_{ij} seine verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k wenn seine Verteilquote $q_i(\text{neu})$ einen vorgegebenen Wert q_v überschreitet.

5

2. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die geschätzte angebotene Last A_i eines Prozessors MP_i nach der Formel $A_i := Y_i / (1 - q_i V)$ errechnet wird.

10

3. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der mehrwertige Lastindikationswert (balancing indicator) $MPbi_i$ drei diskrete Werte, vorzugsweise NORMAL (=0 bis 0,7), HIGH (=0,7 bis 0,85) und OVERLOAD (=0,85 bis 1) annehmen kann.

15

4. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Lastindikationswert (balancing indicator) $MPbi_i$ bezüglich Änderungen einer Hysterese unterliegt.

20

5. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der mehrwertige Laststatus (load state) $MPls_i$ vier diskrete Werte, vorzugsweise NORMAL (=0 bis 0,7), HIGH (=0,7 bis 0,85), OVERLOAD (=0,85 bis 1) und EXTREME (wenn Laststatus über mehrere CI OVERLOAD) annehmen kann.

25

6. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Laststatus (load state) $MPls_i$ bezüglich Änderungen einer Hysterese unterliegt.

30

7. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert der tatsächlichen Last Y_i proportional zur Prozessorlaufzeit ist.
5
8. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als typischer verteilbarer Anteil V einer typischen Aufgabe CallP der durchschnittliche oder maximale Anteil ist.
10
9. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der durchschnittliche oder maximale Anteil einer typischen Aufgabe ständig als gleitender Durchschnitt oder gleitender Maximalwert über eine vorgegebene Zeitspanne t_D ermittelt wird.
15
10. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß für die vorgegebene Zeitspanne t_D gilt: $t_D \gg CI$.
20
11. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als typische Aufgabe eine durchschnittliche oder maximale Aufgabe angenommen wird.
25
12. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die durchschnittliche oder maximale Aufgabe ständig als gleitender Durchschnitt oder gleitender Maximalwert über eine vorgegebene Zeitspanne t_D ermittelt wird.
30

13. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß für die vorgegebene Zeitspanne t_D gilt: $t_D \gg CI$.

5 14. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für den vorgegebenen Wert q_v der Verteilquote q_i , ab dem der Prozessor MP_i verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k verteilt gilt: $0,05 < q_v < 0,3$, vorzugsweise $0,1 < q_v < 0,25$, vorzugsweise $q_v=0,2$.

10 15. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Berechnung der Verteilquote q_i die folgenden Kriterien erfüllt:

15 - $p_{ii} := 0$
- falls MP_{bj} einer mittlere Last entspricht, vorzugsweise MP_{bj}=NORMAL, gilt:
 $p_{ij}(\text{neu}) = p_{ij}(\text{alt}) + p_{c1}/n$, für $j=1, \dots, n$ und $i \neq j$

20 - falls MP_{bj} einer hohen Last entspricht, vorzugsweise MP_{bj}=HIGH gilt:
 $p_{ij}(\text{neu}) = p_{ij}(\text{alt}) - p_{c2}/n$, für $j=1, \dots, n$ und $i \neq j$

- falls MP_{bj} einer Überlast entspricht, vorzugsweise MP_{bj}=OVERLOAD, gilt:
 $p_{ij}(\text{neu}) = 0$

25 - wobei vorzugsweise die p_{ij} ($j=1, \dots, n$) mit der Summe p_{sum} der p_{ij} auf 1 normiert wird und
- als Initialisierungswert beim Beginn der Verteilungsprozesse alle p_{ij} , ausgenommen p_{ii} , gleich sind.

30

16. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante p_{c1} gilt:

$0,1 < p_{c1} < 0,5$, vorzugsweise $0,2 < p_{c1} < 0,3$, vorzugsweise $p_{c1}=0,25$.

17. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 15-
5 16, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante p_{c2} gilt: $0,1 < p_{c2} < 0,5$, vorzugsweise $0,2 < p_{c2} < 0,3$, vorzugsweise $p_{c2}=0,25$.

18. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 15-
10 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Initialisierungswert der p_{ij} beim Beginn der Verteilungsprozesse gleich $(n-1)^{-1}$ gesetzt wird.

19. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 15-
15 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Berechnung der Lastindikationswerte $MPbi_i$ die folgenden Kriterien erfüllt:

- falls $MPbi_i$ der höchsten Last entspricht, vorzugsweise $MPbi_i=EXTREME$, gilt:
20 $q_i(\text{neu})=q_{c1}$,
- falls $p_{sum} \geq 1$ gilt:
 - falls der tatsächliche Lastzustand Y_i größer als ein vorgegebener Wert $threshold_H$ ist, wird q_i vergrößert mit $q_i=\min\{q_i+c_{q1}, 1\}$,
 - falls der tatsächliche Lastzustand Y_i kleiner als ein vorgegebener Wert $threshold_N$ ist, wird q_i verkleinert mit $q_i=\max\{q_i-c_{q2}, c_{q3}\}$, mit $0 < c_{q3} < q_v$, vorzugsweise $c_{q3}=0,1$,
 - andernfalls ($threshold_N \leq Y_i \leq threshold_H$) erhält q_i einen Zwischenwert zwischen den beiden oben genannten Alternativen, vorzugsweise durch lineare Interpolation
 - falls $p_{sum} \leq 1$ gilt: $q_i(\text{neu})=q_i(\text{alt}) * p_{sum}$.

20. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante c_{q1} gilt:
 $0,05 < c_{q1} < 0,3$, vorzugsweise $0,1 < c_{q1} < 0,2$, vorzugsweise $c_{q1} = 0,15$.

21. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 19-20, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante c_{q2} gilt: $0,05 < c_{q2} < 0,2$, vorzugsweise $c_{q2} = 0,10$.

10

22. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 19-21, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante $threshold_N$ gilt: $0,6 < threshold_N < 0,8$, vorzugsweise $threshold_N = 0,7$.

15

23. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 19-22, dadurch gekennzeichnet, daß für die Konstante $threshold_H$ gilt: $0,7 < threshold_H < 0,95$, vorzugsweise $threshold_H = 0,85$

20

24. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich ein Überlastwert OL_i der Prozessoren MP_i ermittelt wird, der ein Maß für die Größe der Überlast ist, mit $OL_i = 0,1, \dots, m$ und die Verteilquote q_i auf jeden Fall vergrößert wird, falls $OL_i > 0$ mit $q_i(\text{neu}) := \min\{q_i(\text{alt}) + c_{q1}, 1\}$.

25. Multiprozessorsystem, insbesondere eines Kommunikationssystems, mit mehreren Prozessoren MP_i (mit $i = 1, 2, \dots, n$) zur Ausführung anfallender Aufgaben unter Realzeitbedingungen, wobei:

- jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seinen tatsächlichen Lastzustand Y_i zu bestimmen, -

30

gegebenenfalls direkt hieraus einen mehrwertigen
Laststatus (load state) $MP_{1..i}$ zu bestimmen - und in
Abhängigkeit von zuvor mitgeteilten
Verteilungsquoten q_i (alt) (mit q_i =an andere
Prozessoren MP_k nach Möglichkeit zu verteilender
Lastanteil) und dem typischerweise verteilbaren
Anteil V einer typischen Aufgabe, seine angebotene
Last A_i zu schätzen, die zu einem mehrwertigen
Lastindikationswert (Balancing Indicator) $MP_{bi..i}$
führt,

5 - jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seinen
Lastindikationswert $MP_{bi..i}$ den jeweils anderen
Prozessoren MP_k (mit $k=1,2,\dots,i-1,i+1,\dots,n$)
mittelbar oder unmittelbar mitzuteilen,

10 - jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seine
Lastverteilungswahrscheinlichkeiten p_{ij} (mit
 $j=1,2,\dots,n$) in Abhängigkeit von den
Lastindikationswerten $MP_{bi..k}$ dieser anderen
Prozessoren MP_k zu bestimmen,

15 - jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um seine
Verteilquote q_i (neu) in Abhängigkeit von seinem
tatsächlichen Lastzustand Y_i zu bestimmen, und

20 - jeder Prozessor MP_i Mittel aufweist, um anhand
seiner Quote q_i und seiner Lastverteilungsfaktoren
 p_{ij} seine verteilbare Last an andere Prozessoren MP_k
zu verteilen, wenn seine Verteilquote q_i (neu) einen
vorgegebenen Wert q_v überschreitet.

25

30 26. Multiprozessorsystem gemäß Anspruch 25, dadurch
gekennzeichnet, daß eines der Verfahren gemäß einem der
Ansprüche 1-24 implementiert ist.

Zusammenfassung

Lastverteilungsverfahren eines Multiprozessorsystems und
Multiprozessorsystem

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lastverteilung in einem Realzeit-Multiprozessorsystem und ein Multiprozessorsystem, wobei auf jedem Prozessor eine Verteilquote geführt wird, die den Anteil der verteilbaren

10 10 Last, der tatsächlich verteilt werden soll, festsetzt. Die Verteilquote wird in Zeitintervallen neu bestimmt. Die einzige Information, die jedes Zeitintervall von den anderen Prozessoren benötigt wird, sind Lastwertindikatoren, die von einer geschätzten Last abhängen. Zusätzlich werden

15 15 Wahrscheinlichkeiten geführt, welche angeben, wie bei Lastverteilung Last von einem auf die anderen Prozessoren übertragen wird. Anschließend verteilt jeder Prozessor anhand seiner Verteilquote und seiner Lastverteilungsfaktoren seine verteilbare Last an andere Prozessoren, wenn seine

20 20 Verteilquote einen vorgegebenen Wert überschreitet.

Figur 1

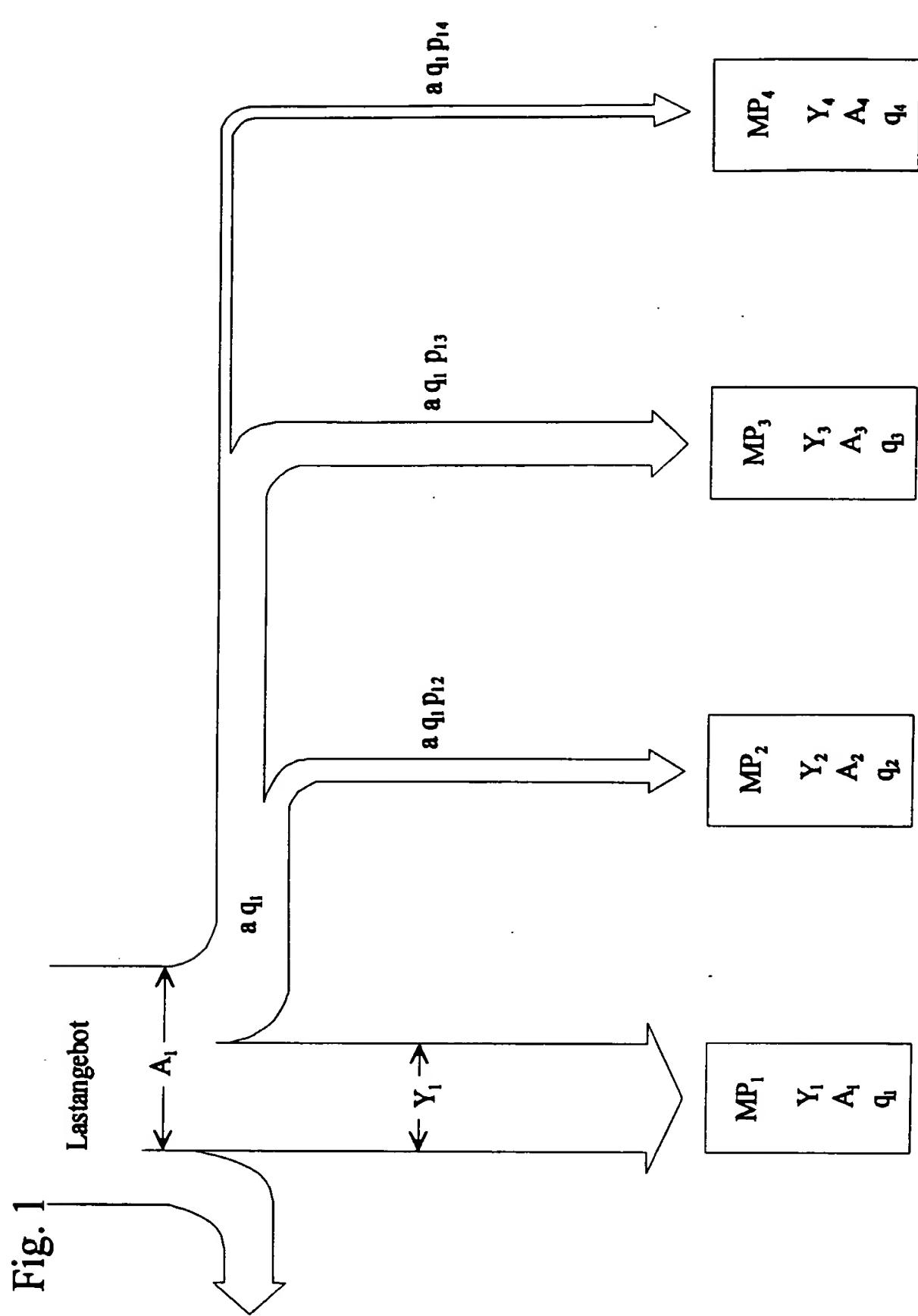
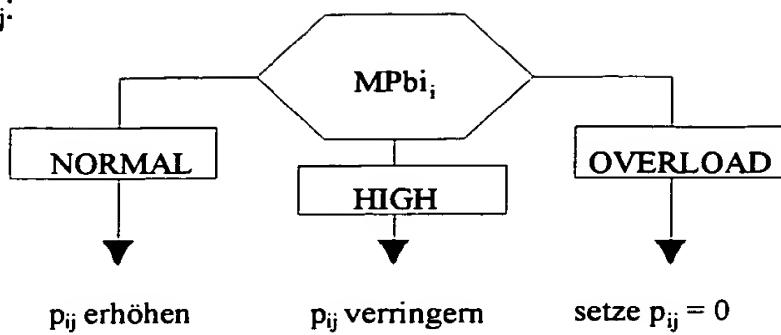


Fig. 2

p_{ij} :



q_i :

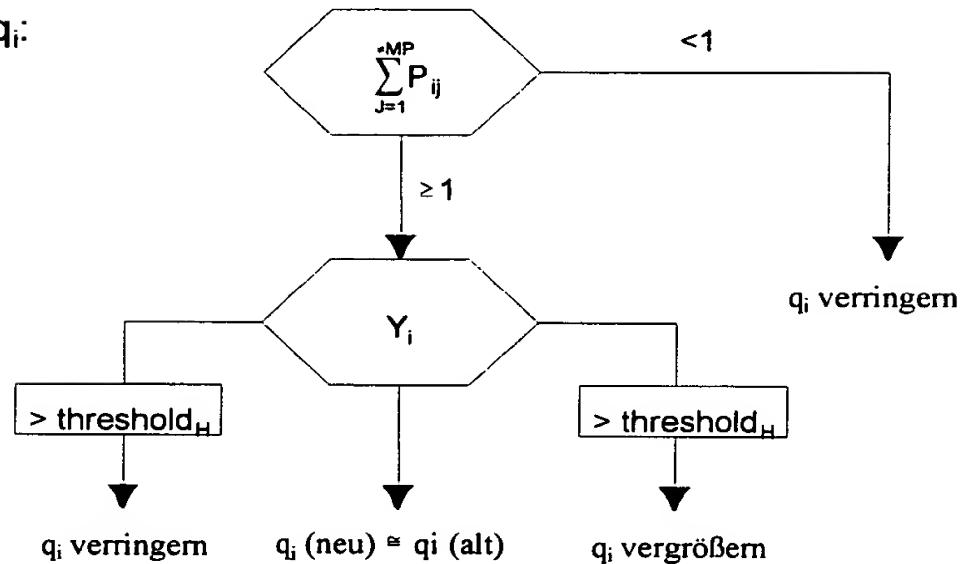


Fig. 3

$$q_i \rightarrow \min \{ \max \{ q_i + \frac{0.25}{\text{threshold}_H - \text{threshold}_N} (Y_i - \text{threshold}_N) - 0.1, 0.1 \}, 1.0 \}$$

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.